



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS
MARINAS**



DEPARTAMENTO DE PESQUERÍAS Y BIOLOGÍA MARINA

**CAPTURA DE TIBURONES PELÁGICOS EN LA COSTA
OCCIDENTAL DE BAJA CALIFORNIA SUR Y SU RELACIÓN CON
CAMBIOS AMBIENTALES**



T E S I S

Que para obtener el grado de:

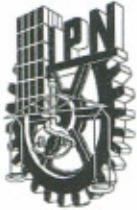
MAESTRO EN CIENCIAS

Con especialidad en

MANEJO DE RECURSOS MARINOS

Presenta:

BIOL. MARIO JAIME RIVERA



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
COORDINACION GENERAL DE POSGRADO E INVESTIGACION
ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 14:00 horas del día 27 del mes de abril del 2004 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis de grado titulada:

“CAPTURA DE TIBURONES PELÁGICOS EN LA COSTA OCCIDENTAL DE BAJA CALIFORNIA SUR Y SU RELACIÓN CON CAMBIOS AMBIENTALES”

Presentada por el alumno:

JAIME

Apellido paterno

RIVERA

materno

MARIO

nombre(s)

Con registro:

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 0 | 2 | 0 | 0 | 9 | 2 |
|---|---|---|---|---|---|---|

Aspirante al grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA

Director de tesis
PRIMER VOCAL

DR. FELIPE GALVAN MAGAÑA

PRESIDENTE

DR. LAURA SANCHEZ VELASCO

SECRETARIO

DR. RAFAEL CERVANTES DUARTE

SEGUNDO VOCAL

DR. BERNARDO SHIRASAGO GERMAN

TERCER VOCAL

MC LEONARDO CASTILLO GENIZ

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

DR. FRANCISCO ARREGUIN SANCHEZ



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
COORDINACION GENERAL DE POSGRADO E INVESTIGACION

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 27 del mes Abril del año 2004, el (la) que suscribe MARIO JAIME RIVERA alumno(a) del Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS con número de registro A020092 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de: DR. FELIPE GALVAN MAGAÑA y cede los derechos del trabajo titulado: "CAPTURA DE TIBURONES PELÁGICOS EN LA COSTA OCCIDENTAL DE BAJA CALIFORNIA SUR Y SU RELACIÓN CON CAMBIOS AMBIENTALES" al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: carcharodonmaritus@yahoo.com.mx

Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.



MARIO JAIME RIVERA

nombre y firma

‘Allí vieron el Mar; inmenso receptáculo de las olas; el Mar de aguas profundas; el Mar con su gran ruido, poblado de peces y ballenas, de tiburones, de animales innumerables, espantosos, horribles y de variadas formas, de tortugas y cocodrilos; el Mar terrible, cuyo clamor asusta, infranqueable por sus remolinos profundos que llevan el miedo al corazón de las criaturas. El Mar, removiéndose en sus orillas por la acción vigorosa del viento, encrespándose por el furor de su agitación, acercándose, retirándose y removiendo sus innumerables ondas; el Mar, lleno de olas que se hinchan cuando la luna crece, la mina más rica de pedrerías; el Mar que produjo la concha de Krishna. Turbado en otro tiempo hasta su fondo por el poderoso Gorinda, cuando bajo la forma de un jabalí estuvo buscando la tierra bajo sus olas agitadas; ese Mar cuyo fondo no pudo encontrar por cien años el Brahmarsi Atri, y que se apoya para siempre en la bóveda del cielo; ese Mar sombrío, lecho de Vishnú, en su esplendor infinito, origen del loto, cuando en la remota época de renovación del mundo saboreaba el éxtasis de su absorción en el seno de lo absoluto; el Mar que allana las montañas conmovidas por la caída del rayo; el Mar asilo de los Asuras vencidos por los dioses, ese Mar que ofrece a Agni la ofrenda de su oleaje se mostró como inmensurable y como regalo de las riberas’

Viasa

(Poeta indio del siglo IV a.C; en el *Mahabarata*)



*Para Irán y Naahmzuré;
nereidas que me abrazaron en el mar
cuando navegaba solo en la tiniebla
me ofrecieron una ruta de vida
que late y se guía por sus sonrisas de astros*



Agradecimientos

A la memoria de mi Papá Mario. En mi vida sólo he conocido dos hombres de esos que buscaba Diógenes inútilmente. Tú fuiste el primero.

A mi Mamá Tete por su apoyo y su amor.

*A*l Dr. Felipe Galván Magaña que tuvo la confianza para apoyarme en este estudio. Su guía y su aprecio son invaluableles en mi trayecto.

*A*l Dr. Bernardo Shirasago por dedicarme tiempo, conocimientos y amistad.

*A*l M. en C. Leonardo Castillo por su paciencia y el regalo de sus enseñanzas sobre elasmobranquios.

*A*l Dr. Rafael Cervantes Duarte y la Dra. Laura Sánchez Velasco por sus conocimientos y aportaciones del océano y su dinámica.

A mi gran amigo Jorge Ortiz, brindando por que la ciencia y el asombro nos siga uniendo.

A mis verdaderos amigos Zeferino, Juan Pablo, Watson y Nicole por ser testigos y confidentes de una vida delirante y paradójica.

A mis compañeros de institución que han compartido momentos y ardideces: Ibiza, Jorge, Edgar, Carmen, El Ingeniero y toda la caterva del laboratorio de ictiología.

A mi tía Marcela por su ejemplo, su cariño y su apoyo.

A mis padres por la educación que me brindaron y mis hermanos.

Índice

| | |
|--|-----------|
| Glosario ----- | 7 |
| Resumen ----- | 9 |
| Abstract ----- | 11 |
| Introducción ----- | 12 |
| Antecedentes ----- | 16 |
| Justificación ----- | 18 |
| Objetivos ----- | 19 |
| Área de estudio ----- | 20 |
| Material y métodos ----- | 23 |
| Análisis pesquero----- | 23 |
| Obtención de valores de TSM y clorofila----- | 26 |
| Análisis estadístico----- | 27 |
| Resultados ----- | 29 |
| Datos pesqueros ----- | 29 |
| Datos oceanográficos----- | 34 |
| Variabilidad de la TSM----- | 34 |
| Variabilidad de la clorofila “a” en el cuadrante 11----- | 37 |
| Composición específica ----- | 39 |

| | |
|---|----------------|
| Tiburón azul, <i>Prionace glauca</i> ----- | 39 |
| Relación de TSM y concentración de clorofila a con la CPUE de <i>Prionace glauca</i> | 41 |
| Análisis de componentes principales..... | 44 |
| Tiburón mako, <i>Isurus oxyrinchus</i> ----- | 72 |
| Tiburón piloto, <i>Carcharhinus falciformis</i> ----- | 79 |
| Tiburón zorro, <i>Alopias pelagicus</i> ----- | 86 |
| Tiburón martillo, <i>Sphyrna zygaena</i> ----- | 86 |
| Discusión ----- | 88 |
| Conclusiones ----- | 103 |
| Anexo | 105 |
| ENSO ----- | 105 |
| Índice de la Oscilación Sur ----- | 106 |
| El Niño ----- | 107 |
| La Niña ----- | 109 |
| Oscilación Decadal del Pacífico ----- | 110 |
| Literatura citada ----- | 113 |



Índice de tablas y figuras

| Tablas | Página |
|---|---------------|
| 1 - Coordenadas de los cuadrantes geográficos establecidos..... | 24 |
| 2 - Número de lances por cuadrante geográfico de la flota tiburonera 1996-2001..... | 32 |
| 3 - CPUE de <i>Prionace glauca</i> en los valores de TSM..... | 42 |
| 4 - CPUE de <i>Prionace glauca</i> en los valores de clorofila a..... | 43 |
| 5 - CPUE de <i>Isurus oxyrinchus</i> en los valores de TSM..... | 74 |
| 6 - CPUE de <i>Isurus oxyrinchus</i> en los valores de clorofila a..... | 75 |
| 7 - CPUE de <i>Carcharhinus falciformis</i> en los valores de TSM..... | 81 |
| 8 - CPUE de <i>Carcharhinus falciformis</i> en los valores de clorofila a..... | 82 |

| Número de figura | Página |
|--|---------------|
| 1 – Área de estudio | 20 |
| 2 - Cuadrantes geográficos donde se obtuvo captura de tiburón 1996-2001..... | 24 |
| 3 - Captura total de la flota tiburonera 1996 – 2001..... | 29 |
| 4 - Variación temporal de la captura total de la flota tiburonera | 30 |
| 5 - Número de lances por año de la flota tiburonera..... | 30 |
| 6 - Variación temporal de la captura del Propermex G-3-G..... | 31 |
| 7 - Variación temporal de la captura del Escamero V..... | 31 |
| 8 - Variación temporal de la CPUE de la flota tiburonera..... | 32 |
| 9 - Distribución espacial de los lances de la flota tiburonera 1996-2001..... | 33 |
| 10- Número de lances por cuadrante..... | 33 |
| 11 - Promedio de TSM mensual en el cuadrante 11 de Septiembre de 1996 a Junio del 2000 | 38 |
| 12 – Promedio de la concentración de clorofila mensual en el cuadrante 11 de Septiembre de 1996 a Junio del 2001..... | 38 |
| 13 - Composición específica de la captura total de la flota tiburonera..... | 39 |
| 14 - Captura total de <i>Prionace glauca</i> de Septiembre 1996 a Junio 2001 | 40 |
| 15 - Fluctuación de la CPUE de <i>Prionace glauca</i> 1996-2001..... | 41 |
| 16 - Capturas de <i>Prionace glauca</i> por intervalo de TSM de 1 ° C..... | 42 |
| 17 - CPUE de <i>Prionace glauca</i> por intervalo de TSM de 1 ° C..... | 42 |
| 18 - CPUE de <i>Prionace glauca</i> por intervalo de concentración de clorofila a..... | 43 |
| 19 - Gráfica de componentes principales..... | 44 |

| | |
|---|----|
| 20 – Proyección de las variables utilizadas como componentes principales para <i>Prionace glauca</i> | 45 |
| 21- Captura de <i>Prionace glauca</i> en Septiembre 1996..... | 48 |
| 22- Captura de <i>Prionace glauca</i> en Noviembre 1996..... | 48 |
| 23- Captura de <i>Prionace glauca</i> en Diciembre 1996..... | 49 |
| 24- Captura de <i>Prionace glauca</i> en Enero 1997..... | 49 |
| 25- Captura de <i>Prionace glauca</i> en Febrero 1997..... | 50 |
| 26- Captura de <i>Prionace glauca</i> en Marzo 1997..... | 50 |
| 27- Captura de <i>Prionace glauca</i> en Mayo 1997..... | 51 |
| 28- Captura de <i>Prionace glauca</i> en Junio 1997..... | 51 |
| 29- Captura de <i>Prionace glauca</i> en Julio 1997..... | 52 |
| 30- Captura de <i>Prionace glauca</i> en Septiembre 1997..... | 52 |
| 31- Captura de <i>Prionace glauca</i> en Octubre 1997 | 53 |
| 32- Captura de <i>Prionace glauca</i> en Noviembre 1997..... | 53 |
| 33- Captura de <i>Prionace glauca</i> en Diciembre1997..... | 54 |
| 34- Captura de <i>Prionace glauca</i> en Enero1998..... | 54 |
| 35- Captura de <i>Prionace glauca</i> en Febrero1998..... | 55 |
| 36- Captura de <i>Prionace glauca</i> en Marzo1998..... | 55 |
| 37- Captura de <i>Prionace glauca</i> en Abril 1998..... | 56 |
| 38- Captura de <i>Prionace glauca</i> en Mayo 1998..... | 56 |
| 39- Captura de <i>Prionace glauca</i> en Julio 1998 | 57 |
| 40- Captura de <i>Prionace glauca</i> en Agosto 1998..... | 57 |
| 41- Captura de <i>Prionace glauca</i> en Septiembre 1998..... | 58 |
| 42- Captura de <i>Prionace glauca</i> en Octubre 1998..... | 58 |
| 43- Captura de <i>Prionace glauca</i> en Enero 1999..... | 59 |
| 44- Captura de <i>Prionace glauca</i> en Febrero de 1999..... | 59 |
| 45- Captura de <i>Prionace glauca</i> en Marzo de 1999..... | 60 |
| 46- Captura de <i>Prionace glauca</i> en Abril de 1999..... | 60 |
| 47- Captura de <i>Prionace glauca</i> en Mayo de 1999..... | 61 |
| 48- Captura de <i>Prionace glauca</i> en Septiembre de 1999..... | 61 |
| 49- Captura de <i>Prionace glauca</i> en Octubre de 1999..... | 62 |
| 50- Captura de <i>Prionace glauca</i> en Enero 2000..... | 62 |
| 51- Captura de <i>Prionace glauca</i> en Febrero 2000..... | 63 |
| 52- Captura de <i>Prionace glauca</i> en Marzo 2000..... | 63 |
| 53 - Captura de <i>Prionace glauca</i> en Abril del 2000..... | 64 |
| 54- Captura de <i>Prionace glauca</i> en Mayo del 2000..... | 64 |
| 55- Captura de <i>Prionace glauca</i> en Junio del 2000..... | 65 |
| 56- Captura de <i>Prionace glauca</i> en Julio del 2000..... | 65 |

| | |
|--|-----|
| 57- Captura de <i>Prionace glauca</i> en Agosto del 2000..... | 66 |
| 58- Captura de <i>Prionace glauca</i> en Noviembre del 2000..... | 66 |
| 59- Captura de <i>Prionace glauca</i> en Diciembre del 2000..... | 67 |
| 60- Captura de <i>Prionace glauca</i> en Enero del 2001..... | 67 |
| 61- Captura de <i>Prionace glauca</i> en Febrero del 2001..... | 68 |
| 62- Captura de <i>Prionace glauca</i> en Marzo del 2001..... | 68 |
| 63- Captura de <i>Prionace glauca</i> en Abril del 2001..... | 69 |
| 64- Captura de <i>Prionace glauca</i> en Mayo del 2001..... | 69 |
| 65- Captura de <i>Prionace glauca</i> en Junio 2001..... | 70 |
| 66- Captura de <i>Prionace glauca</i> en Mayo 2000..... | 70 |
| 67- Captura de <i>Prionace glauca</i> en Febrero 2001..... | 71 |
| 68 - Captura de <i>Isurus oxyrinchus</i> de Septiembre 1996 a Junio del 2001..... | 72 |
| 60 - Fluctuación de la captura total de <i>Isurus oxyrinchus</i> | 73 |
| 70 - Fluctuación de la CPUE de <i>Isurus oxyrinchus</i> 1996-2001..... | 73 |
| 71 - Capturas de <i>Isurus oxyrinchus</i> por intervalo de TSM de 1 ° C..... | 74 |
| 72 - CPUE de <i>Isurus oxyrinchus</i> por intervalo de TSM de 1 ° C..... | 75 |
| 73 - CPUE de <i>Isurus oxyrinchus</i> por intervalo de concentración de clorofila a..... | 76 |
| 74 – Captura de <i>Isurus oxyrinchus</i> en Enero 1997..... | 77 |
| 75 – Captura de <i>Isurus oxyrinchus</i> en Marzo 1998..... | 77 |
| 76 – Captura de <i>Isurus oxyrinchus</i> en Diciembre 1998..... | 78 |
| 77- Captura de <i>Isurus oxyrinchus</i> en Agosto 2000..... | 78 |
| 78 - Fluctuación de la captura total de <i>Carcharhinus falciformis</i> | 79 |
| 79 - Captura de <i>Carcharhinus falciformis</i> de Septiembre de 1996 a Junio del 2001..... | 80 |
| 80 - Capturas de <i>Carcharhinus falciformis</i> por intervalo de TSM de 1 ° C..... | 80 |
| 81- CPUE de <i>Carcharhinus falciformis</i> por intervalo de TSM de 1 ° C..... | 81 |
| 82- CPUE de <i>Carcharhinus falciformis</i> por intervalo de concentración de clorofila a..... | 82 |
| 83- Captura de <i>Carcharhinus falciformis</i> en Agosto 1997..... | 84 |
| 84- Captura de <i>Carcharhinus falciformis</i> en Agosto 1998..... | 84 |
| 85- Captura de <i>Carcharhinus falciformis</i> en Agosto 1999..... | 85 |
| 86- Captura de <i>Carcharhinus falciformis</i> en Septiembre 1997..... | 85 |
| 87- Captura de <i>Alopias pelagicus</i> en Septiembre 1996..... | 87 |
| 88- Captura de <i>Alopias pelagicus</i> en Septiembre 1997..... | 87 |
| 89 - Diagrama esquemático del Océano Pacífico en condiciones “normales” y “El Niño”..... | 106 |
| 90 - Índice de la Oscilación del Sur (1950 – 1999)..... | 106 |
| 91 - Promedio mensual y anomalías de TSM en el Pacífico Ecuatorial de 1986 al 2002..... | 108 |
| 92 - Condiciones La Niña en el Océano Pacífico en Diciembre de 1998..... | 109 |
| 93 - Fase Positiva y fase negativa de la Oscilación Decadal del Pacífico..... | 111 |



| | |
|--|-----|
| 94- Valores mensuales del índice de la PDO. 1900 – 2003..... | 112 |
|--|-----|

La Niña: Se refiere a un período con temperatura superficial del mar anómalamente fría en el Océano Pacífico Ecuatorial, en sus porciones occidental y central, asociado a una inusual baja presión atmosférica hacia el oeste de la línea internacional del tiempo y una presión atmosférica alta al este de la misma (Hayward, et al. 1999).

PDO : (Pacific Decadal Oscillation) Oscilación Decadal del Pacífico. Oscilación de la temperatura superficial del mar en el norte del Océano Pacífico que presenta una fase positiva o cálida en la Corriente de California y una fase negativa o fría en la Corriente de California. Se presenta cada 20 – 30 años.

Poiquilotermino: Ser vivo que carece de la cualidad fisiológica de controlar su temperatura interna.

Retia mirabilia: Del latín; *red maravillosa*. Redes vasculares especializadas de algunos tiburones y cetáceos que permiten una retención metabólica de calor.

SeaWifs: Sensor remoto pasivo del satélite SeaStar, que registra el color del mar y sirve para calcular concentración de pigmentos fotosintéticos.

Temperatura superficial del Mar (TSM): Temperatura referida a los primeros milímetros de la capa superficial del océano, la cual corresponde a los valores de radiación que registra el satélite (López- García, 1991).

Termoclina – Zona de fuertes gradientes de temperatura que se ubica entre la capa de mezcla y la capa profunda.

Zona de Transición Templado – Tropical - Límite sur del sistema de la Corriente de California en donde confluyen las masas de agua del Pacífico Norte, Pacífico Central y Pacífico Oriental Tropical (Roden, 1971).

Resumen

En México la captura de tiburones ha disminuido en los últimos años. Este fenómeno tiene su origen en la fragilidad de muchas especies pertenecientes a este grupo, su incapacidad para soportar una sobrepesca y también las características oceanográficas que pueden influir en su distribución. Hay una falta generalizada de conocimiento sobre muchos de los aspectos concernientes a los tiburones; uno de estos es como afectan las condiciones ambientales a su distribución. A partir de 1997 la captura total de tiburón en México disminuyó, atribuyéndose entre otros factores al fenómeno de “El Niño”. El objetivo de este estudio fue determinar si existió una relación entre la disponibilidad de la captura de tiburón con la temperatura superficial del mar y la concentración de clorofila “a”. Se consideró a estas variables como indicadores válidos o no, relacionados a la captura de tiburón azul, *Prionace glauca*, tiburón mako, *Isurus oxyrinchus* y tiburón piloto, *Carcharhinus falciformis*; en la costa occidental de Baja California Sur de 1996 a 2001. Estas variables fueron obtenidas mediante imágenes de satélite correspondientes a los datos obtenidos de la serie NOAA-AVHRR y del sensor SeaWiifs del satélite Seastar. Se describió la captura de dos embarcaciones de mediana altura y como variaron los volúmenes de pesca con relación a las condiciones ambientales del periodo de estudio que incluyeron los fenómenos de El Niño 1997/98 y La Niña 1999 reforzada por el cambio de régimen derivado de la PDO. La composición total de la captura estuvo dominada por *Prionace glauca* con 210 ton; *Carcharhinus falciformis* con 35 ton,; *Isurus oxyrinchus* con 30 ton; *Alopias pelagicus* con 8 ton; *Sphyrna zygaena* y *Carcharhinus longimanus* con 1 ton. Los tiburones no identificados o registrados como “cazón” representaron el 2% de la captura total. Se determinó que existe una relación significativa entre la disponibilidad de captura de *Prionace glauca* y *Carcharhinus falciformis* en la costa occidental de Baja California Sur con la temperatura superficial del mar. El fenómeno de El Niño 1997 – 1998 influyó negativamente sobre las capturas de *Prionace glauca*, mientras que el fenómeno de La Niña 1999 influyó negativamente sobre la captura total de *Prionace glauca* y *Carcharhinus falciformis*. Se determinó que los valores de 18 ° C – 22 ° C de TSM pueden ser

de embarcaciones mayores se inició en 1992 y se intensificó durante 1995 y 1996 (Alonso, 1999). A partir de 1997 la captura de tiburón disminuyó, atribuyéndose entre otros factores a fenómenos climáticos como “El Niño” ya que las temperaturas superficiales son determinantes para la abundancia y distribución de estos organismos (Tovar, 2000). En algunos lugares de México, como es el caso de la península de Baja California, no se identifica la captura por especie; simplemente se separa en grupos dependiendo su tamaño. Se denomina cazón a organismos menores de 150 cm LT y tiburón a los que rebasan esta medida (Villavicencio – Garayzar, 1996).

La incapacidad de los tiburones de soportar un intenso esfuerzo pesquero ha sido demostrado por el rápido colapso de numerosas pesquerías a nivel mundial (FAO, 2001). El incremento de la explotación de tiburones pelágicos ha provocado cuestiones relacionadas con su papel específico en las cadenas alimenticias. Diversos autores han encontrado que el aumento del esfuerzo en las pesquerías puede tener un efecto profundo en las cadenas alimenticias que soportan a los tiburones (Kitchel, *et al* 2002) y las consecuencias ecológicas de la remoción de estos seres pueden ocasionar cascadas dañinas a la estructura de la comunidad.

En México, la medida instrumental para regular la pesquería del tiburón es la expedición limitada de licencias o permisos para la pesca. Sin embargo no existe en la actualidad un plan de manejo pesquero que incluya estrategias para su aprovechamiento como recurso pesquero y medidas de protección para las especies explotadas (Tovar, 2000). Esto se debe en gran medida a que, en nuestro país, no se tiene un sistema adecuado de obtención de estadísticas que permita conocer los volúmenes de pesca por área, sector y especie, por lo que es difícil utilizar datos oficiales para fines predictivos (Castillo – Geniz, 1994). El 11 de octubre del 2002 la Norma Oficial Mexicana NOM-029-PESC-2000, cuyo objetivo era regular el aprovechamiento del tiburón, fue derogada (DOF,2002). La amplia distribución y hábitos migratorios de algunas especies de tiburón, son otros de los

factores que dificultan tanto el conocimiento de estos organismos como la instrumentación de medidas de manejo y protección (Tovar, 2000).

Las especies de tiburones pelágicos más abundantes en la costa occidental de Baja California Sur son: el tiburón azul, *Prionace glauca* y el tiburón mako, *Isurus oxyrinchus* (Ramírez, 2002). La variación estacional determina la disponibilidad de sus capturas (Soria, 1996) lo cual significa que cada especie de tiburón posee preferencias ambientales de acuerdo a su fisiología e incide en su distribución geográfica. La distribución de los tiburones también depende de la temperatura del mar debido a que la mayoría de las especies son poiquilotérmicas y por lo tanto sensibles a los cambios de temperatura que los hace migrar hacia aguas cálidas (Wourms, 1990; Tovar, 2000).

Tradicionalmente se ha creído que de los diversos parámetros ambientales que influyen sobre la distribución y abundancia de los elasmobranquios, la temperatura del mar es la que mayor efecto presenta (Castro-Aguirre, 1983; Tovar, 2000). Los intervalos de temperatura óptima para las capturas de tiburón han sido determinados a partir de las capturas comerciales con medidas de temperatura superficial. Sin embargo, la documentación de una asociación entre los tiburones y las fronteras de color o termales no ha sido posible debido a la dificultad de obtener a la par datos de captura y datos hidrográficos que cubran un área extensa (Klimley, 1988). Debido a las limitantes de la medición de factores físicos en la columna de agua, se ha utilizado la temperatura superficial del mar como un indicador oceanográfico.

Se asume que en zonas de alta productividad se concentran diversos tipos de depredadores; sin embargo hasta la fecha no se ha establecido si en estas áreas se concentran los tiburones para alimentarse, considerando que hay un desfase espacio temporal desde la producción primaria hasta los niveles tróficos más elevados.

Es imperativo estudiar cada uno de los aspectos biológicos de los tiburones para entender mejor su situación con respecto a la fina red que mantiene en equilibrio el ecosistema en el cual habitan. En México han recibido atención durante los últimos años debido a la polémica sobre la regulación de su captura.

Uno de los métodos indirectos para ahondar en el conocimiento sobre estos organismos es la interpretación de datos pesqueros provenientes de embarcaciones que explotan los recursos en el ambiente pelágico; ya que en México es difícil la investigación *in situ* de los animales de alta mar, por el costo elevado que representa. Los datos de las pesquerías de altura son de gran importancia para proporcionar un panorama sobre la situación geográfica y composición de sus poblaciones.

Las observaciones con sensores remotos de la superficie del mar provienen de una poderosa herramienta que provee la información requerida para entender mejor la dinámica de las comunidades marinas. Las imágenes de satélite pueden detectar frentes térmicos, identificar masas de agua de características diferentes y zonas de alta productividad primaria. Su utilización como herramienta de investigación tiene notables ventajas: una visión sinóptica de las superficies marinas, obtención de datos en regiones de difícil acceso, resolución espacial de datos y bajo costo (Chuvienco, 1990; López-García, 1991). Además, la disponibilidad de imágenes con una frecuencia elevada permite obtener una visión integral de la evolución temporal de las variaciones espaciales (Granados- Barba, et al. 2000).

Economakis y Lobel (1998), utilizando telemetría, observaron que las agregaciones del tiburón gris de arrecife, *Carcharhinus amblyrinchos*, coincidían con el valor máximo de temperatura diaria pero el número de tiburones agregados no necesariamente aumentaban durante los días de temperaturas altas. Bigelow, *et al* (1999) utilizaron la TSM, su variación y su energía frontal como variables físicas de mesoescala relacionadas con la CPUE de *Prionace glauca*. Brenes *et al.* (2000) determinaron una clara dependencia entre la temperatura superficial del mar y la presencia del tiburón azul, *Prionace glauca*; zorro, *Alopias vulpinus*; piloto, *Carcharhinus falciformis* y martillo, *Sphyrna lewini*, en el Pacífico nicaragüense. Kotas, *et. al* (2000) relacionaron la CPUE de *Prionace glauca* con la TSM encontrando que las capturas más altas se obtuvieron en valores de 21.9 a 21.1 ° C, mientras que las capturas más bajas se obtuvieron a temperaturas altas, de 26 ° C. Por último Campana y Joyce (2004) reportaron que la TSM es una pobre variable para predecir los rangos de captura del tiburón *Lamna nasus* en el Atlántico.

En México han sido pocos los trabajos que relacionan variables ambientales con la captura de tiburón. Uno de los primeros fue el de Klimley y Butler (1988) que relacionaron una asociación de peces pelágicos con movimientos de masas de agua en el Golfo de California por medio de imágenes de satélite, utilizando al tiburón martillo *Sphyrna lewini* como un indicador. Mendizábal *et al.* (1990) determinaron que el tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* migra al norte del Pacífico Central Mexicano con relación a la isoterma de los 29 ° C. Soria (1996) realizó un análisis descriptivo de la distribución de las especies de tiburones capturados en el Pacífico Mexicano y su relación con la temperatura del mar mientras que Montreal y Tovar (2002), utilizaron imágenes de satélite de TSM para relacionarla con la captura del tiburón puntas negras *Carcharhinus limbatus* en el Golfo de México.



Justificación

Los tiburones constituyen un grupo primordial en los ecosistemas marinos. En México no son un grupo zoológico sobre el cual se tenga una administración pesquera integral. Debido a sus características biológicas se les ha considerado como frágiles a la sobrepesca. A pesar de su permanencia en el planeta, la tendencia mundial en esta época tiende a verlos como recursos económicos más que como seres vivos con derecho a existir en el hábitat donde evolucionaron.

Se han identificado líneas de investigación prioritarias para los tiburones como la dinámica poblacional, crecimiento, reproducción, efectos de la explotación en el grupo, así como las relaciones ecológicas de las principales especies explotadas (García, 2000). La migración, distribución y disponibilidad de captura de los tiburones pueden estar influenciadas por condiciones oceanográficas.

La ubicación de la abundancia de los tiburones y los factores ambientales asociados a esta, son conocimientos válidos para una eficaz administración (Klimley *et al.* 1993) y permiten conocer la dinámica poblacional y los posibles efectos que el ambiente puede tener en ella, lo cual es necesario para establecer una óptima ordenación pesquera que ayude a reducir su mortalidad.

Entre los 20 y 30 ° N, la mayor parte de la Corriente de California gira al oeste continuando como parte de la Corriente Norecuatorial. Esta última recibe agua de la Contracorriente Ecuatorial y agua del Océano Pacífico Oriental Tropical (Wyrky, 1966). En dirección opuesta a la Corriente de California existe un flujo hacia el norte compuesto por una contracorriente superficial costera llamada Contracorriente de Davidson y la corriente profunda de California (Gómez y Vélez 1982; Lynn y Simpson, 1987; García, *et al.* 2002).

Este patrón de corrientes se complica cerca de la costa por la influencia de corrientes costeras y estacionales, eventos de surgencias costeras, así como sistemas de remolinos locales semipermanentes (Hewitt, 1981).

En la parte sur, la Corriente de California que lleva aguas frías del norte y cálidas del oeste, recibe agua del Pacífico Ecuatorial caracterizada por sus elevadas temperaturas (> 20 ° C), alta salinidad (> 34.5 ‰) y baja concentración de oxígeno disuelto (0.25 ml / l), la cual entra como parte de la Corriente Profunda de California. En las capas superficiales la Corriente de California se une a la masa de agua tropical identificada por sus altas temperaturas (> 25 ° C) y salinidades superiores a 34 ‰ (Wyrky, 1967). Las fronteras entre estas dos masas de agua superficiales no son evidentes, excepto cerca de Cabo San Lucas donde existe un sistema frontal que es evidente durante primavera y verano (Griffiths, 1965).

En la costa occidental de la península de Baja California ocurren surgencias costeras durante casi todo el año. Estos procesos se intensifican en el periodo de febrero a junio cuando predominan los vientos del noroeste (Norton. *et al.* 1985). La extensión de una surgencia costera es de hasta 50 km fuera de la costa (Simpson, 1987). En los ecosistemas de surgencias costeras se producen condiciones óptimas para el abastecimiento de nutrientes a través de un transporte vertical de agua subsuperficial a la zona eufótica donde existe una

iluminación óptima para la fotosíntesis (Barber y Smith, 1981); favoreciendo a las especies herbívoras de la comunidad zooplanctónica (Longhurst, 1967) que representan los primeros eslabones para una cadena trófica.

La mayoría de los lances se ubicaron en la denominada Zona del Dominio Ecuatorial, región donde se ubica la Masa Ecuatorial a partir de Punta Eugenia hasta Cabo San Lucas (Gómez y Vélez, 1982 *in* De La Lanza, 1991). En dicha zona la temperatura y la salinidad son menores que el promedio anual durante la primavera. Las desviaciones estacionales de temperatura son positivas en verano y otoño (valores por encima del promedio) y negativas en invierno. En la salinidad, las desviaciones son positivas en otoño e invierno y negativas en verano. Las causas de las grandes fluctuaciones en esta zona se explica por el patrón de las corrientes. El agua de origen Subártico es transportada a través de la Corriente de California y el agua de origen Ecuatorial por medio de la Contracorriente Subsuperficial (Sverdrup *et al.*, 1942). La Contracorriente Subsuperficial que lleva aguas de Sur a Norte con temperaturas de 8.2 y 13 ° C y salinidades de 34.8 y 34‰ , tiene mayor influencia en verano en la Zona del Dominio Ecuatorial y en otoño e invierno en la Zona De Transición (Gómez y Vélez, 1982 *in* De La Lanza, 1991). Las características oceanográficas de esta zona son influenciadas por fenómenos como El Niño. Las respuestas principales a este fenómeno son: anomalías positivas del nivel del mar, calentamiento de la capa de mezcla y una alteración general del patrón de corrientes (Torres – Orozco, *et al.* 2002).

Especial mención requiere al área de Bahía Magdalena ya que el mayor esfuerzo de pesca se concentró en sus cercanías. Bahía Magdalena forma parte del complejo lagunar Magdalena – Almejas. Se ubica en la costa occidental de Baja California entre los 24 ° 15' y los 25° 20' N y los 111° 30' y 112° 15' W; en el límite sur del sistema de la Corriente de California en donde confluyen las masas de agua del Pacífico Norte, Pacífico Central y Pacífico Oriental Tropical (Roden, 1971). Por lo anterior se le reconoce como una zona de transición templado-tropical.



| Cuadrado | Lat N | Long W |
|----------|---------|-----------|
| 1 | 28°-29° | 115°-116° |
| 2 | 28°-29° | 114°-115° |
| 3 | 27°-28° | 115°-116° |
| 4 | 27°-28° | 114°-115° |
| 5 | 26°-27° | 114°-115° |
| 6 | 26°-27° | 113°-114° |
| 7 | 25°-26° | 113°-114° |
| 8 | 25°-26° | 112°-113° |
| 9 | 24°-25° | 115°-116° |
| 10 | 24°-25° | 113°-114° |
| 11 | 24°-25° | 112°-113° |
| 12 | 24°-25° | 111°-112° |
| 13 | 23°-24° | 112°-113° |
| 14 | 23°-24° | 111°-112° |
| 15 | 23°-24° | 110°-111° |
| 16 | 22°-23° | 110°-111° |

Tabla 1. Coordenadas de los cuadrantes geográficos establecidos

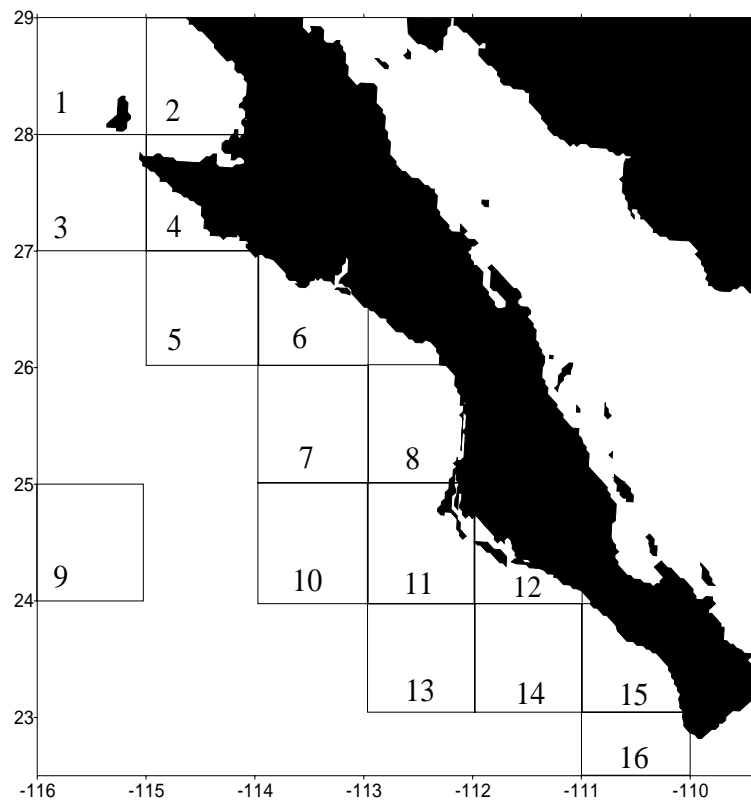


Figura 2. Cuadrantes geográficos donde se obtuvo captura de tiburón 1996-2001

La CPUE se definió en Kg / Horas efectivas de pesca (Horas de remojo) tanto para red como para el palangre. Se estandarizó la CPUE debido al uso de los dos métodos de pesca y las dos embarcaciones que navegaron derroteros diferentes. Debido a que la red capturó más, tuvo mayor cobertura espacio temporal y con ella hubo más variabilidad en la captura; se escogió como el método de captura estándar. El cálculo del poder de pesca relativo al método de captura se estimó por medio de la siguiente fórmula basada en el método propuesto por Ehrhardt (1981) y Sparre y Venema (1991):

$$PPr(m) = CPUE_p / CPUE_r$$

donde:

PPr(m) = Poder de pesca relativo al método de captura.

CPUE p = Captura por unidad de esfuerzo del palangre.

CPUE r = Captura por unidad de esfuerzo de la red.

En cada lance se utilizó este poder relativo para estandarizar el palangre mediante la fórmula:

$$CPUE_s = (CPUE_p) (PPr)$$

Para estandarizar la captura por embarcación se escogió al Propermex G-3-G como la embarcación estándar debido que tuvo más viajes, capturó más y tuvo mayor cobertura espacio temporal. Se calculó el poder de pesca relativo a la embarcación por medio de la fórmula:

$$PPr(b) = CPUE_s (Esc) / CPUE_s (Prop)$$

donde:

PPr(b) = Poder relativo de la embarcación.

CPUE s (Esc) = Captura por unidad de esfuerzo estandarizada del Escamero V.

CPUE s (Prop)= Captura por unidad de esfuerzo estandarizada del Propermex .

En cada lance se utilizó este poder relativo para estandarizar la captura del Escamero V mediante la fórmula:

$$CPUE\ est = CPUE\ (Esc) * PPr(b)$$

Para determinar la actividad temporal de las embarcaciones se graficó la captura total y la CPUE mensual por especie de cada embarcación. Para conocer la distribución espacial de la captura por especie, se dividió el área total de pesca en cuadrados geográficos de un grado de latitud por un grado de longitud. Además se estableció el punto geográfico de cada lance por medio del programa Surfer 6.0.

Obtención de valores de TSM y Clorofila

Los datos de temperatura superficial del mar fueron obtenidos de la base de Reynolds provenientes de las interpolaciones y logaritmos calculados por la NOAA. También fueron obtenidos de imágenes de temperatura superficial del mar cuyos valores corresponden a un promedio mensual; con resolución espacial de 9 kilómetros de la costa occidental de la Península de Baja California. Estas imágenes mensuales se conforman a partir de los datos obtenidos de la serie NOAA-AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer); de la serie PODAAC y están en formato digital HDF lo que permite obtener un valor puntual de TSM mensual promedio. Las imágenes obtenidas correspondieron a las de Septiembre de 1996 a Junio del 2001. No se obtuvieron las imágenes de Octubre de 1996, Junio de 1998. Noviembre y Diciembre de 1998. En cada imagen utilizada se sobrepuso la distribución de los lances con sus respectivas marcas. En cada punto geográfico correspondiente al lance, la imagen proporcionó un valor de TSM gracias al software WimLe; estos valores fueron anexados a la base

de datos para el análisis estadístico. Con estas imágenes se realizó un seguimiento visual de las características de alta frecuencia (gradientes de temperatura, giros, lengüetas de agua) con la abundancia y distribución de las capturas.

Los datos de concentraciones de clorofila fueron obtenidos mediante imágenes semanales del sensor SeaWiifs del satélite Seastar, con resolución espacial de 4 Km, en formato JPG. Sólo se obtuvieron datos de Agosto de 1997 a Marzo del 2001. Mediante el procesador de imágenes de satélite ER-maper se realizó una comparación cromática entre la imagen y la tabla de valores de clorofila "a" correspondiente. Estos valores fueron anexados a la base de datos para el análisis estadístico. En cada imagen utilizada se superpuso la distribución de los lances con sus respectivas marcas para realizar el seguimiento visual de las capturas.

El análisis de la variabilidad oceanográfica se concentró en el cuadrante 11 por ser este, donde se concentró el mayor esfuerzo pesquero durante el periodo de estudio.

Análisis estadístico

Con los datos de las bitácoras de pesca y los valores de TSM, clorofila y profundidad de la zona de lance se construyó una matriz de 4495 filas x 19 columnas. Para determinar si la temperatura superficial (TSM) del mar tenía un efecto significativo sobre la CPUE, se realizó una regresión por especie y su grado de correlación. Se graficó la TSM contra la CPUE por especie. La regresión tuvo por objetivo probar si las capturas estaban determinadas por la TSM. La correlación tuvo como objetivo encontrar el grado de asociación entre las capturas y la TSM. De igual forma se analizó la concentración de clorofila a con relación a

la CPUE. Se realizó el análisis de componentes principales mediante el programa Statistica 6.0 (StatSoft Inc, 2001) con el fin de asociar el posible gradiente ambiental concerniente a la captura de tiburón azul. Los factores incluidos en este análisis fueron, valores de TSM, concentración de clorofila, profundidad del sitio de lance, biomasa y los cuadrantes donde hubo captura.



Resultados

Datos pesqueros

El área de pesca total para las dos embarcaciones comprendió desde 29° N, cerca de Isla Cedros, hasta 22° N, en los alrededores de Cabo San Lucas. Los barcos no se desplazaron más de 350 Km de la costa, excepto dentro de los 24° y 25° N y los 115° y 116° de longitud en donde hubo capturas. Se contabilizó un total de 136 viajes de los cuales 70 correspondieron al Propermex G-3-G y 66 al Escamero V. En total fueron 899 lances para obtener 13,076 horas efectivas de pesca. La mayor captura se registró para Propermex G-3-G con 178,159 Kg, seguido por el Escamero V con un total de 118,574 Kg (Fig. 3).

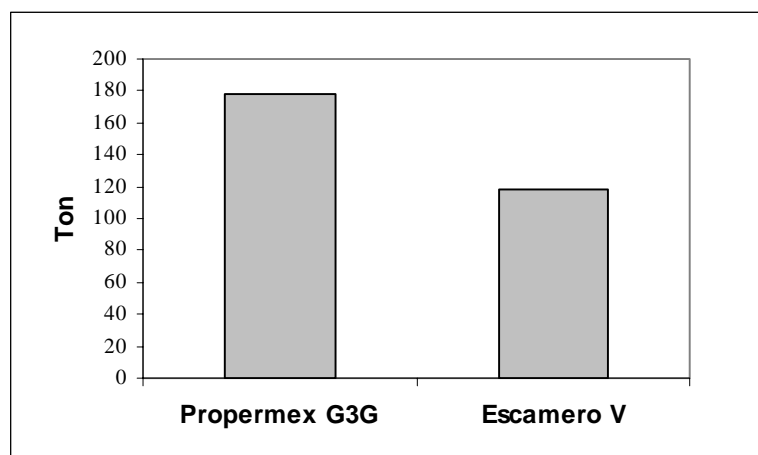


Figura 3. Captura total de la flota tiburonera 1996 – 2001

Las dos embarcaciones capturaron un total de 296 733.5 Kg de tiburones. La variación temporal de la captura total para la flota tiburonera durante el período de estudio alcanzó su máximo durante 1997 con 107 788 Kg y el mínimo en 1999 con 15 800 Kg (Fig.4).

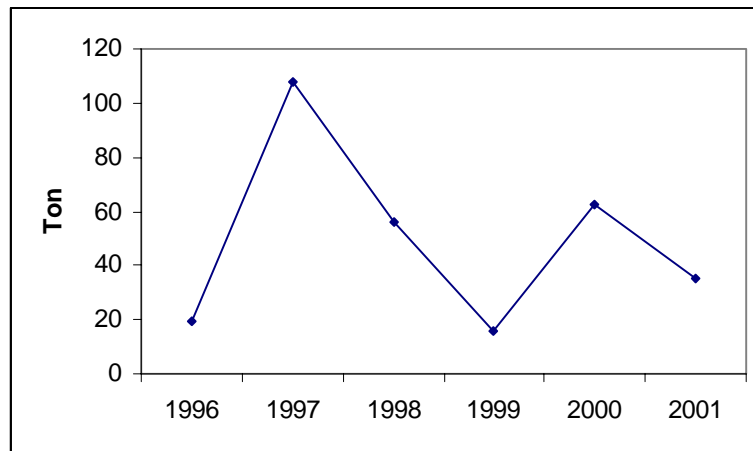


Figura 4. Variación temporal de la captura total de la flota tiburonera

El número de lances por año coincidió con la máxima captura en 1997 pero no con la mínima pues la menor cantidad de lances fue durante el 2001 (Fig. 5).

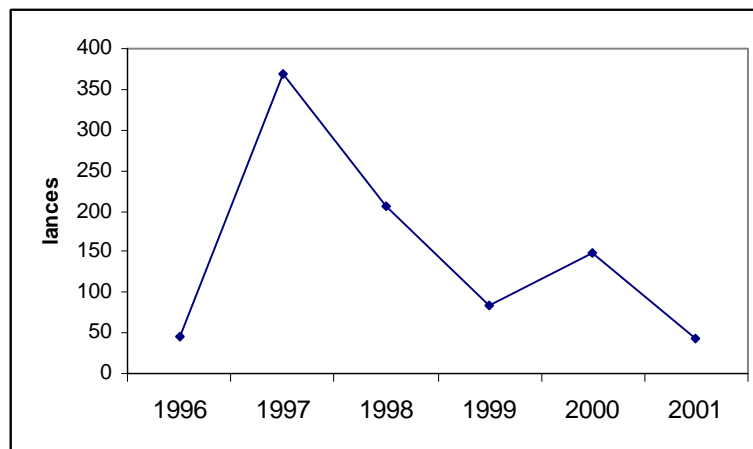


Figura 5. Número de lances por año de la flota tiburonera

Existe una relación significativa entre el número de lances y la captura total en Kg, siendo la correlación positiva ($R = 0.93$). La embarcación Propermex G-3-G pescó desde 1996, el Escamero V a partir de 1997 y ambos alcanzaron la máxima captura durante ese año y la mínima durante 1999 (Fig. 6 y 7).

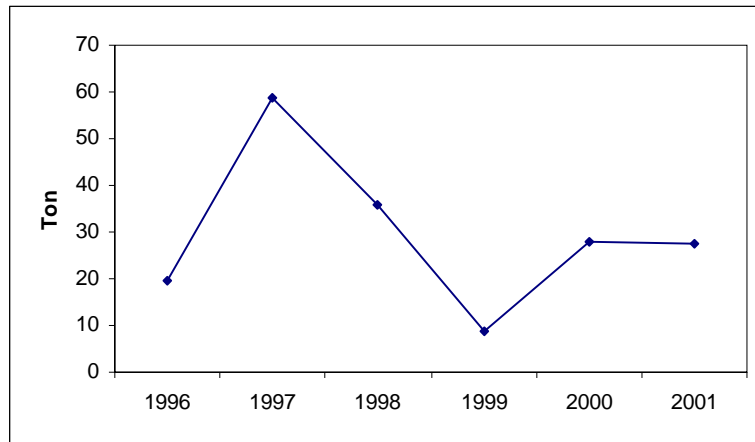


Figura 6. Variación temporal de la captura del Propermex G-3-G

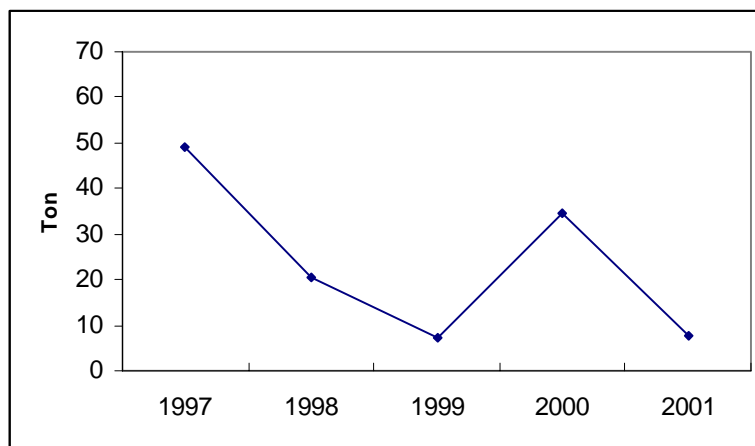


Figura 7. Variación temporal de la captura del Escamero V

La variabilidad temporal de la CPUE alcanzó sus máximos valores en el 2000 y el primer semestre del 2001 (Fig. 8).

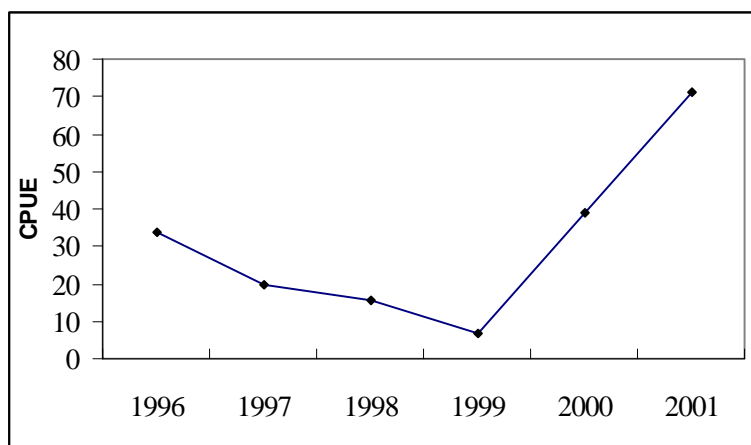


Figura 8. Variación temporal de la CPUE de la flota tiburonera

La mayor distribución de los lances efectuados se ubicó al noroeste de Bahía Magdalena, en el cuadrante geográfico 11 seguido por el 8 y el 7 (Tabla 2.

Fig.9 y Fig. 10)

| Cuadrante | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | Total |
|-----------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 1 | 8 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 |
| 2 | 10 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 |
| 3 | 3 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 |
| 4 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 5 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 6 | 2 | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 | 10 |
| 7 | 6 | 75 | 27 | 38 | 12 | 0 | 158 |
| 8 | 5 | 50 | 56 | 21 | 36 | 0 | 168 |
| 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 2 | 7 |
| 10 | 1 | 31 | 3 | 1 | 8 | 10 | 54 |
| 11 | 5 | 102 | 108 | 20 | 85 | 31 | 351 |
| 12 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 13 | 1 | 59 | 4 | 3 | 1 | 0 | 68 |
| 14 | 0 | 34 | 5 | 2 | 1 | 0 | 42 |
| 15 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 16 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |

Tabla 2. Número de lances por cuadrante geográfico de la flota tiburonera 1996-2001.

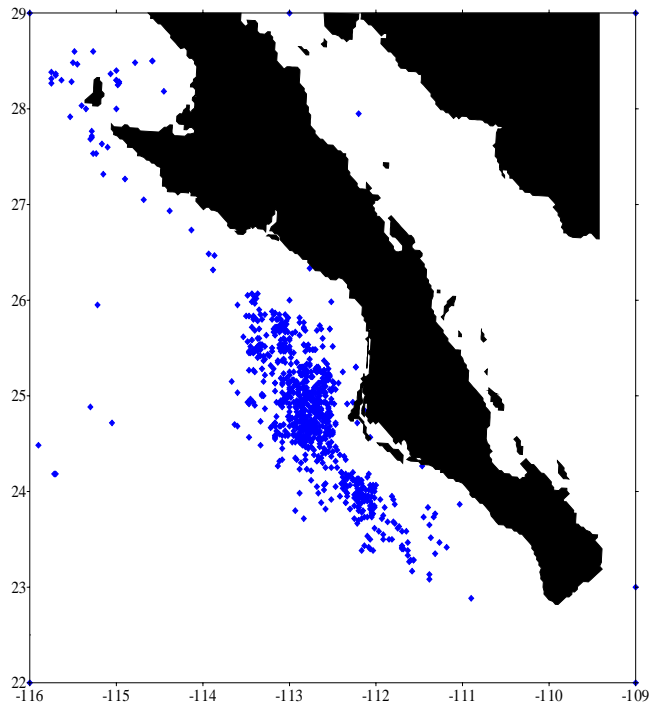


Figura 9. Distribución espacial de los lances de la flota tiburonera 1996-2001

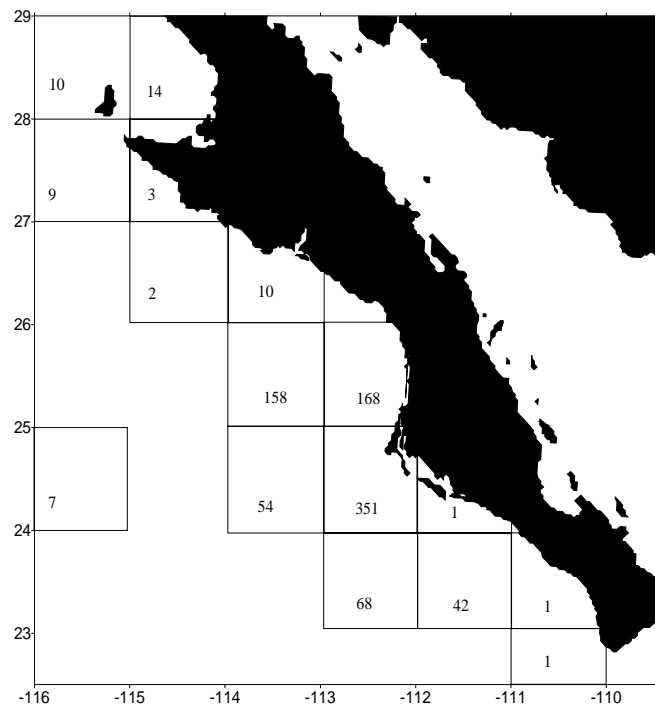


Figura 10. Número de lances por cuadrante.

Datos oceanográficos

Variabilidad de la TSM

De Septiembre de 1996 a Junio del 2001 las condiciones oceanográficas frente a la costa occidental de Baja California Sur reflejaron la variabilidad que fue registrada como condiciones El Niño y La Niña.

1996

En Septiembre de 1996 existieron dos gradientes orientados en dirección latitudinal de TSM, uno ubicado en el cuadrante 14 que separó dos tipos de agua, una con valores de 26 ° a 28 ° C y la otra con valores de 24 ° C. Este fenómeno se atribuye a la invasión de agua cálida del Pacífico Ecuatorial. Más al norte, el segundo frente se dio en el límite del cuadrante 11 y 8 al noroeste de Bahía Magdalena donde la masa de agua de 24 ° C se encontró otra con valores de 22 ° C, característica influenciada por la Corriente de California (CC). (Fig. 21). En Noviembre la invasión de agua cálida alcanzó el cuadrante 6 (Fig. 22) pero la CC se intensificó en Invierno delegando el frente térmico hasta el cuadrante 8 en Diciembre y hasta el 14 durante Enero de 1997.

1997

En este mes el cuadrante 11 presenta un frente que separa tipos de agua con valores de 20 ° C y 22 ° C (Fig. 23 y 24). En Febrero y Marzo la CC provocó un enfriamiento en la parte sur de la Zona de Transición (Fig. 25 y 26). En Mayo y Junio la TSM de los cuadrantes 11 y 14 se elevó (Fig. 27 y 28) dando paso al Fenómeno de El Niño que se registró desde Julio en la CC (Fig. 29) por una expansión de la contracorriente costera, la cual transportó agua inusualmente cálida y salina hacia el norte a profundidades de hasta 100 m (Lynn et al., 1998). Septiembre y Octubre fueron los meses más intensos de El Niño; en el cuadrante 11 se registraron valores de hasta 29.96 ° C y 28.50 ° respectivamente. La invasión del agua caliente alcanzó en Octubre el cuadrante 3 con temperatura de 24 ° C, valor por encima del promedio registrado en meses anteriores para esa

zona (Fig. 30 y 31). Noviembre continúa con las condiciones anómalas y es hasta los cuadrantes 1 y 3 donde hay valores de 20 ° C (Fig. 32). Para el Otoño de 1997 la profundidad de la termoclina cayó (Lynn et al., 1998). Durante el Invierno la temperatura descendió en la Zona de Transición. Durante Diciembre, en los cuadrantes 10 y 11 se registraron valores de 23.96 y 24.47 ° C respectivamente. Una franja templada de 20 ° C se registró cerca de la costa pero las condiciones cálidas continuaron presentándose en los cuadrantes 13, 14 y 15 (Fig. 33).

1998

Enero, Febrero y Marzo de 1998 se caracterizaron por el descenso de la TSM. Se ubicaron dos gradientes, uno en la frontera del cuadrante 11 y 8, y otro en el 14, donde se generaron remolinos de núcleo cálido e invasiones de la Corriente Ecuatorial durante Marzo. Los valores de TSM en los cuadrantes 7 y 8 fluctuaron en estos meses de 22 ° C a 19.84 ° C (Fig. 34 – 37). Estos valores se mantuvieron constantes durante Mayo en el cuadrante 7 con promedio de 19 ° C y en el 11 a 20 ° C (Fig. 38). En Julio las condiciones de El Niño fueron evidentes. Se registró una intrusión de agua cálida hasta el cuadrante 11 con valores de 25 ° C hasta el cuadrante 6, esta originó un remolino ciclónico en el cuadrante 8 (Fig. 39). Agosto y Septiembre fueron meses de alta TSM, en el cuadrante 11 con valores de 27.1 ° C y 27.44 ° C (Fig. 40-41). En Octubre comenzó el periodo de transición entre El Niño y La Niña. En los cuadrantes 1 y 3 la TSM estuvo influenciada por la CC, esta intensificó su flujo hacia el sur provocando el descenso de la temperatura. Los valores cálidos continuaron en los cuadrantes 14 y 13 y el frente se registró alrededor de Bahía Magdalena (Fig. 42).

1999

Durante Enero de 1999 la CC fue muy intensa, a partir de este mes las condiciones La Niña fueron evidentes (Hayward et al., 1999). Anomalías de temperatura negativas se presentaron a lo largo de la costa de Baja California Sur. En el cuadrante 7 se registraron valores de 17 ° C y en Febrero de 16 ° C. La intrusión de agua caliente desapareció y fue reemplazada por la fría CC hasta el

cuadrante 14 (Fig. 43 –44). El descenso de la TSM fue constante en los siguientes tres meses, periodo donde La Niña fue más intensa. El valor más bajo registrado fue de 17.08 ° durante Mayo en el cuadrante 7 (Fig. 45-47). En Septiembre las condiciones de verano retornaron. La CC influyó en los cuadrantes 1,2,3 y 4 mientras que en la Zona de Transición se registró un frente bien definido al noroeste de Bahía Magdalena y giros ciclónicos al oeste del cuadrante 13 (Fig. 48). En Octubre la intrusión de agua cálida no fue tan intensa como el año anterior y llegó hasta el cuadrante 11, en el cuadrante 14 alcanzó un valor de 26.13 ° C (Fig. 49).

2000

En Enero y Febrero del 2000 la TSM fue menor que en el Invierno de 1998; en el cuadrante 8 se registraron valores de 18.42 ° C y en el 11 de 19.5 ° C. En Febrero se registró un valor de 18.8 ° C en el cuadrante 11. Las condiciones frías de la CC influyeron desde el norte hasta el cuadrado 12. En Marzo y Abril la TSM continuó descendiendo, se registraron valores en el cuadrante 11 de 17.6 ° C y en el cuadrante 10 de 17.4 ° C. En Mayo los valores fueron los más bajos registrados para la Zona de Transición, en el cuadrante 8 hubo valores de 17 ° C y en el 10 se registró 18.3 ° C (Fig. 50 –54). En Junio una intrusión de agua cálida elevó la temperatura a 21.7 ° C en el cuadrante 14. En los cuadrantes 8 y 10 se registraron valores de 21 ° C (Fig. 55). En Julio hubo una intrusión de agua cálida hasta el cuadrante 11 donde se registró un valor de 23.10 ° C. En dicho cuadrante y al suroeste es evidente el frente que separa las dos tipos de agua por su TSM (Fig. 56). Las condiciones de Verano fueron intensas en Agosto, en el cuadrante 8 se registró un valor de 26.4 ° C y en el 7 de 24.9° C. La intrusión cálida alcanzó el cuadrante 3 y la transición se registró tan al norte como en Punta Eugenia (Fig. 57). En Octubre el valor más alto se registró en el cuadrante 11 con 27 ° C. En Noviembre el frente se hace evidente en el cuadrante 11, a partir de este mes la temperatura en la Zona de Transición comienza a descender por efecto de la CC y el Invierno. En diciembre se hace evidente la transición, del cuadrante 1 al 7 la intensidad de la CC incidió en las condiciones del mar, la TSM se registró en 19 °

C, en el cuadrante 11 hubo un valor promedio de 22.2° C y la intrusión cálida fue retraída hasta el cuadrante 14 (Fig. 58 - 59).

2001

En Enero del 2001 se registró un valor de 21 ° C en el cuadrante 11 y en Febrero para el mismo cuadrante se registró un promedio de 18.7° C (Fig. 60-61). En Marzo se registró un promedio de 18. 1 ° C en el cuadrante 11 mientras que para Abril se registró 17.5° C para el mismo cuadrante. Para este periodo la intrusión cálida ya desapareció y las condiciones frías de la CC se expanden a lo largo de toda la zona de estudio (Fig. 62 –63). Durante Mayo y Junio la invasión de agua cálidas comienza y los valores de TSM se incrementan al sur de la Zona de Transición, en el cuadrante 11 se registró un promedio de 20 ° C (Fig. 64- 65). En la figura 11 se muestra la variabilidad de TSM durante el periodo de estudio en el cuadrante 11 que representa la Zona de Transición, el lugar donde se dieron los gradientes y también la mayoría de los lances.

Variabilidad de la clorofila “a” en el cuadrante 11

Las concentraciones máximas de clorofila se registraron cerca de la costa. En el cuadrante 11 los valores de clorofila fluctuaron de 0 a 1 mg/l de Agosto de 1997 a Febrero de 1999, el periodo caliente de El Niño provocó en dicho cuadrante una baja productividad. Aparentemente la clorofila integrada mostró una tendencia a la recuperación después de valores bajos en el pico del evento, a juzgar por la diferencia significativa entre los valores de invierno y verano-otoño 1998 en los cuadrantes 1 – 4 correspondientes a Punta Eugenia (Lavaniegos, et al. 2000). Durante La Niña se registró un aumento en la concentración de clorofila para el cuadrante 11, el valor más alto fue de 4 mg/l en Mayo de 1999, esta tendencia fue inversamente proporcional a la TSM que en este periodo fue la más baja registrada en dicho cuadrante. Se debe aclarar que sólo se obtuvieron tres datos en este año por lo que existe un sesgo que puede sobrevalorar dicho efecto. La concentración bajó cuando las condiciones no anómalas retornaron a la zona y

fluctuaron de 0.5 mg/l a 1mg/l hasta Marzo del 2001 donde se registró un valor de 3 mg/l en el cuadrante 11. La figura 12 muestra la variabilidad de la concentración de clorofila durante el periodo de estudio en el cuadrante 11 que representa la zona de Transición.

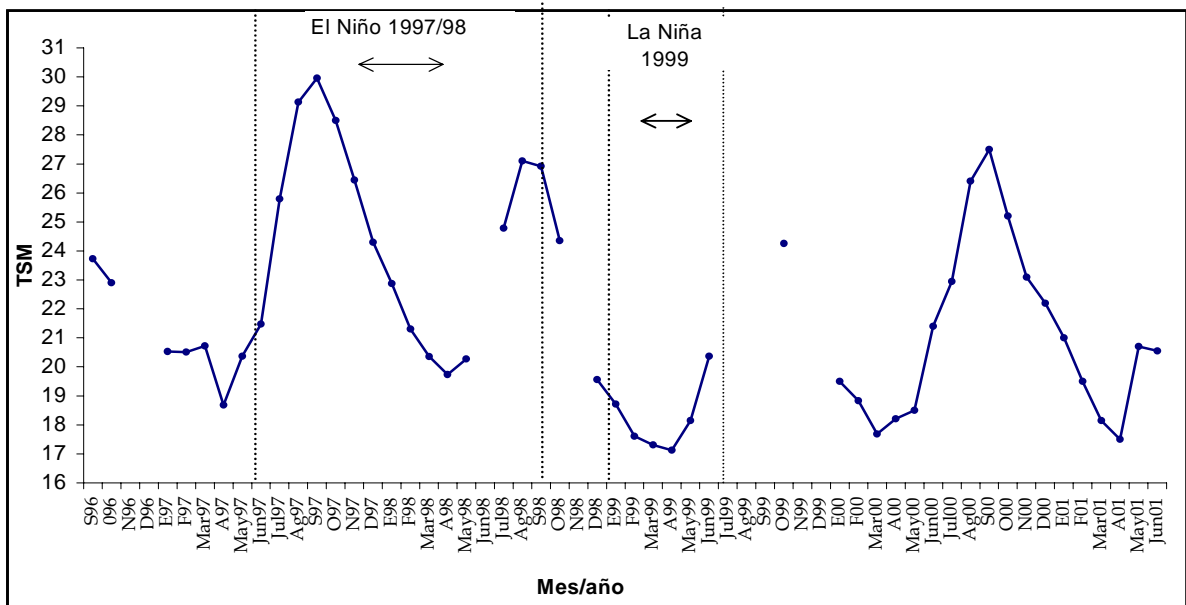


Figura 11 – Promedio de TSM mensual en el cuadrante 11 de Septiembre de 1996 a Junio del 2001

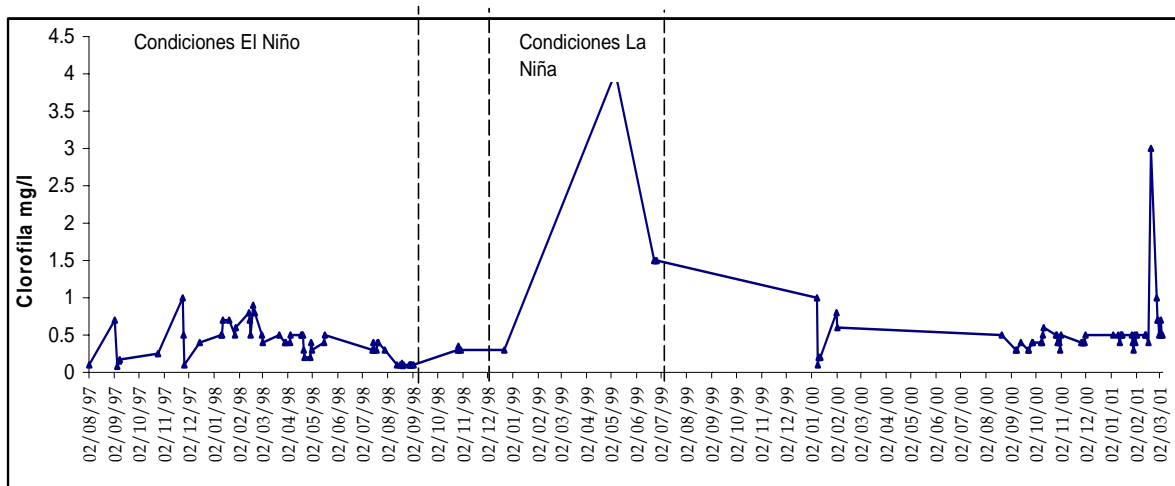


Figura 12– Promedio de la concentración de clorofila mensual en el cuadrante 11 de Septiembre de 1996 a Junio del 2001

Composición específica

La composición total de la captura estuvo dominada por el tiburón azul (*Prionace glauca*) con cerca de 210 ton que representaron el 71%, seguido por el tiburón piloto (*Carcharhinus falciformis*) con cerca de 35 ton que representaron el 12%; el tiburón mako (*Isurus oxyrinchus*) con cerca de 30 ton que representaron el 10%; el tiburón zorro (*Alopias pelagicus*) con cerca de 8 ton que representaron el 3%; el tiburón martillo (*Sphyrna zygaena*) con cerca de 6 ton que representaron el 2% y el tiburón puntas blancas (*Carcharhinus longimanus*) con cerca de 1 ton que representó >1% de la captura total. Los tiburones no identificados o registrados como “cazón” representaron el 2% de la captura total (Fig. 13).

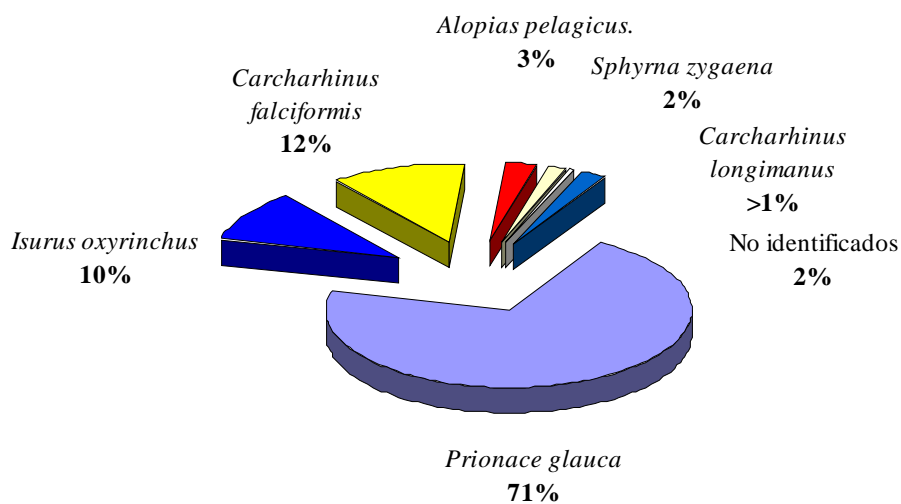


Figura 13. Composición específica de la captura total de la flota tiburonera

Tiburón azul, *Prionace glauca*

El último cuatrimestre de 1996 fue un año bajo en capturas. La pesca se incrementó en 1997 durante los meses de Febrero, Abril, Mayo, alcanzando un máximo cercano a las 15 ton en Junio. La captura bajó de forma significativa a partir de Julio, mes que coincide con el inicio de El Niño 1997-98. Se recuperó en

Noviembre del mismo año volviendo a disminuir hasta Marzo de 1998 donde alcanzó un mínimo de poco más de 2 ton. La captura tuvo un máximo en Mayo con más de 13 ton decayendo hasta 1999. Con el cambio de método de pesca en el año 2000 la captura fue baja en el primer cuatrimestre elevándose durante Mayo, Junio y Julio, volviendo a disminuir hasta Diciembre. En el 2001 la captura alcanzó su máximo en Enero con casi 11 ton y Febrero con más de 9 ton decayendo en Abril y Mayo para aumentar nuevamente en Junio (Fig. 14).

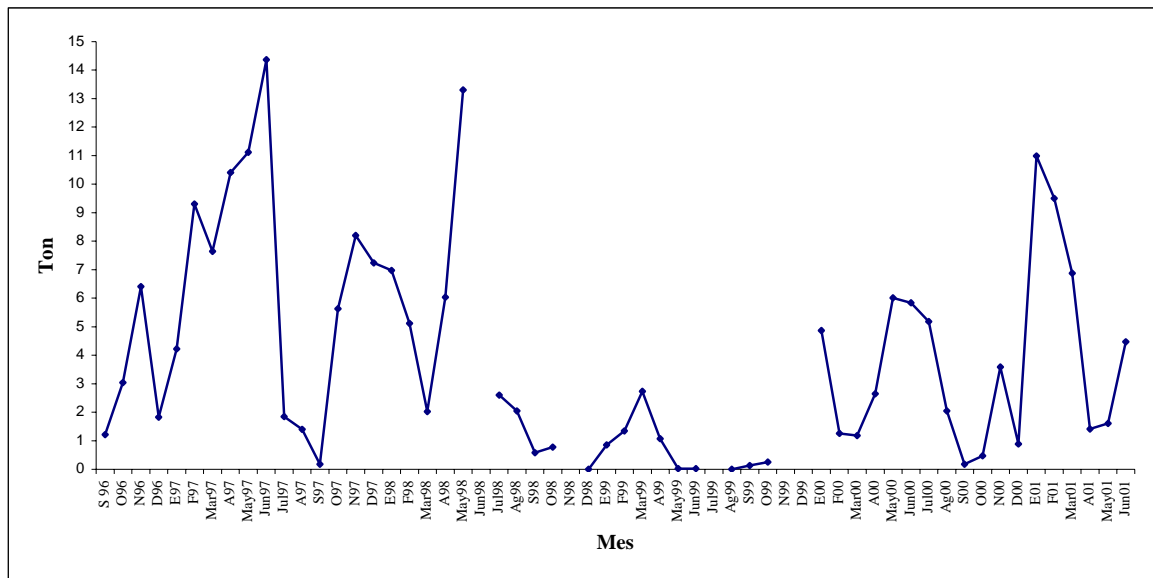


Fig. 14 – Captura total de *Prionace glauca* de Septiembre 1996 a Junio 2001

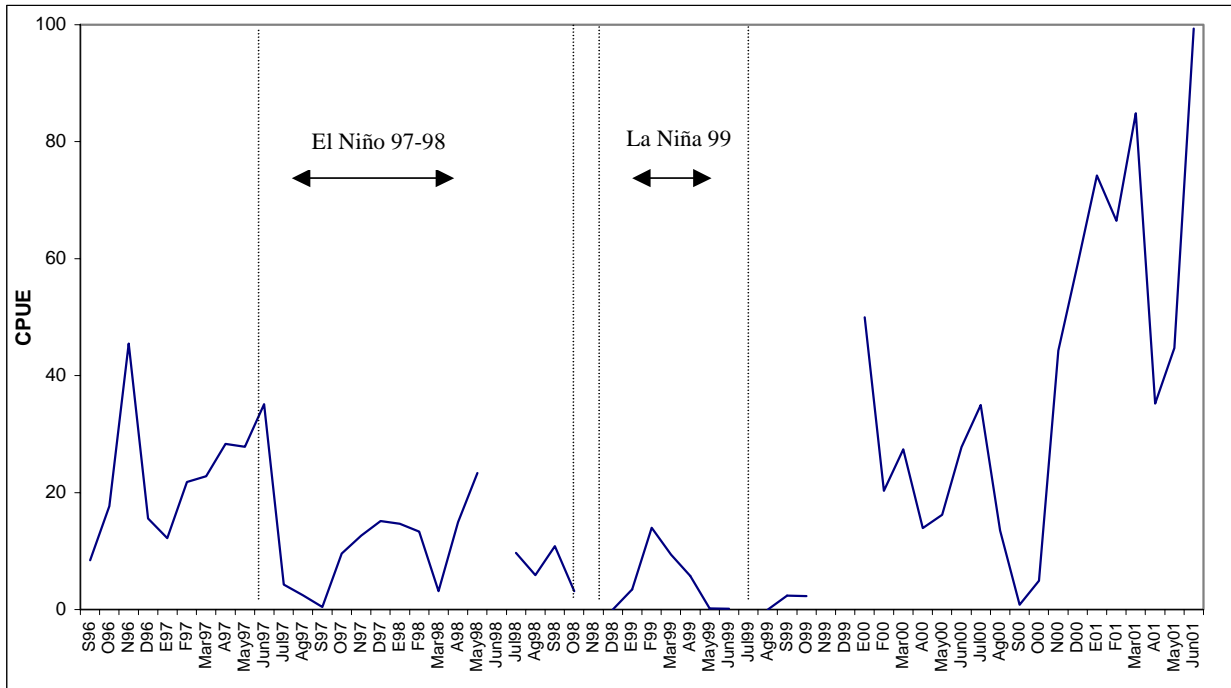


Figura 15. Fluctuación de la CPUE de *Prionace glauca* 1996 – 2001

La CPUE alcanzó picos máximos en Noviembre de 1996, Junio de 1997, Mayo de 1998, diciembre del 2000, Marzo y junio del 2001 siendo este último el máximo valor de todo el periodo de estudio (Fig. 15).

Relación de TSM y concentración de clorofila a con la CPUE de *Prionace glauca*

El intervalo de temperatura superficial del mar (TSM) en el que se obtuvieron capturas de *Prionace glauca* fue de los 16.6° C a los 29.6° C, coincidiendo las máximas capturas en los 20 ° C y 21 ° C (Fig. 16 y 17. Tabla 3).

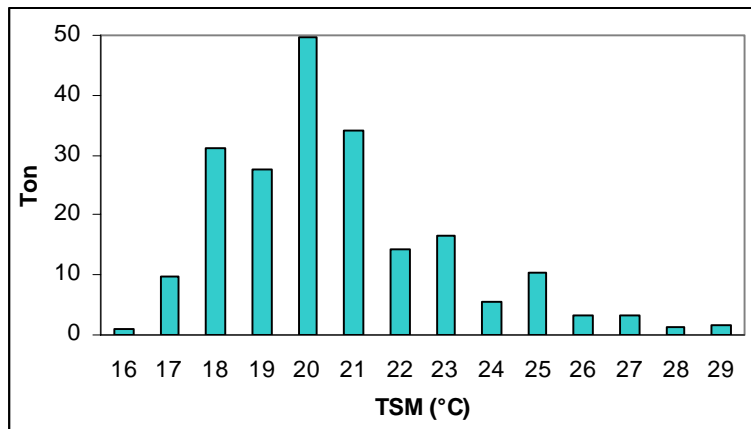


Figura 16. Capturas de *Prionace glauca* por intervalo de TSM de 1 ° C

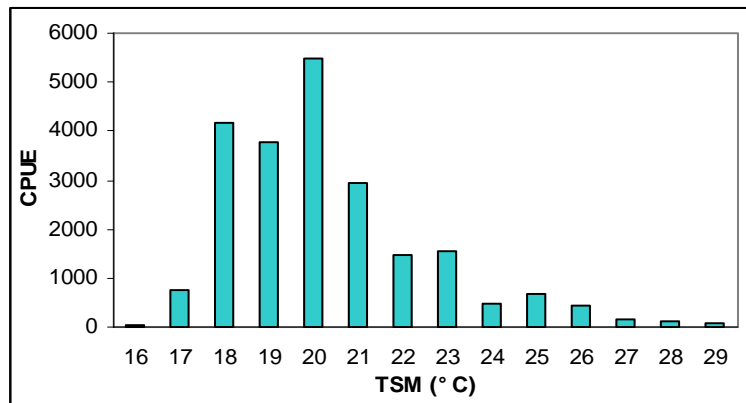


Figura 17. CPUE de *Prionace glauca* por intervalo de TSM de 1 ° C

| Temperatura °C | CPUE |
|----------------|---------|
| 16 | 39.73 |
| 17 | 743.37 |
| 18 | 4164.18 |
| 19 | 3771.63 |
| 20 | 5465.61 |
| 21 | 2926.61 |
| 22 | 1457.16 |
| 23 | 1545.10 |
| 24 | 479.36 |
| 25 | 662.74 |
| 26 | 420.06 |
| 27 | 177.55 |
| 28 | 135.67 |
| 29 | 89.48 |

Tabla 3. CPUE de *Prionace glauca* en los valores de TSM

La relación de la TSM con la CPUE de *Prionace glauca* fue significativa ($F_{obs.} = 3.9 > F_{crítica} = .06$); siendo la correlación positiva ($R = 0.49$).

El intervalo de concentración de clorofila en donde se capturó *Prionace glauca* varió de 0.05 a 6 mg / m³ siendo el valor de 0.5 mg / m³ coincidente con la mayor CPUE (Tabla 4. Fig.18).

| [] Clorofila a mg/l | CPUE |
|----------------------|---------|
| 0.05 | 34.54 |
| 0.07 | 24.32 |
| 0.08 | 24.07 |
| 0.09 | 7.91 |
| 0.1 | 1163.67 |
| 0.2 | 1338.38 |
| 0.3 | 1288.79 |
| 0.4 | 2418.24 |
| 0.5 | 4410.98 |
| 0.6 | 64.73 |
| 0.7 | 835.03 |
| 0.8 | 145.61 |
| 0.9 | 81.80 |
| 1 | 2091.48 |
| 2 | 1631.78 |
| 3 | 168.28 |
| 4 | 0.00 |
| 5 | 40.44 |
| 6 | 11.69 |

Tabla 4 – CPUE de *Prionace glauca* en los valores de clorofila “a”

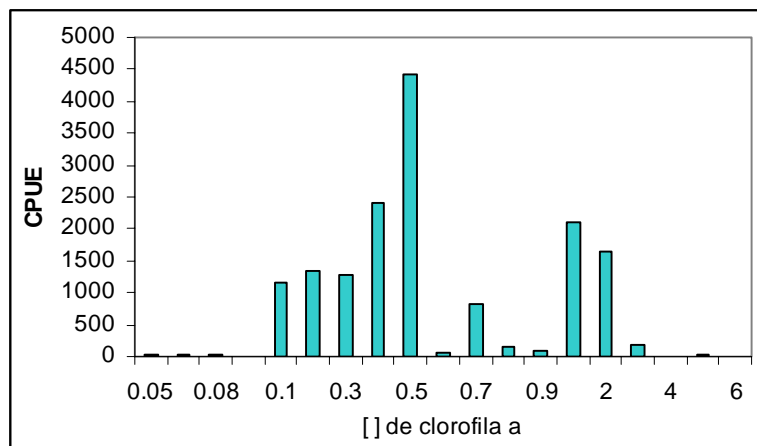


Figura 18. CPUE de *Prionace glauca* por intervalo de concentración de clorofila “a”

La relación entre la concentración de clorofila y la CPUE del tiburón azul es muy baja y poco significativa ($R = 0.27$ y $R^2 = 0.07$). La profundidad del fondo en los sitios de lance positivo para *Prionace glauca* varió de 10 brazas a 3600 brazas. No hay una relación significativa entre la profundidad del sitio del lance y la CPUE del tiburón azul ($R = 0.07$ y $R^2 = 0.005$).

Análisis de componentes principales

El análisis de componentes principales muestra un grupo homogéneo con características similares (Fig. 19 y 20). Los eigenvalores de la matriz de correlación indican que dos factores explican el 56.83% de los datos. Al extremo más negativo del eje x se muestran las capturas de tiburón azul que hubo en zonas de alta productividad primaria. Al extremo más negativo del eje y se muestran las capturas que se realizaron en zonas de mayor profundidad. El extremo positivo del eje x corresponde a valores de TSM altos.

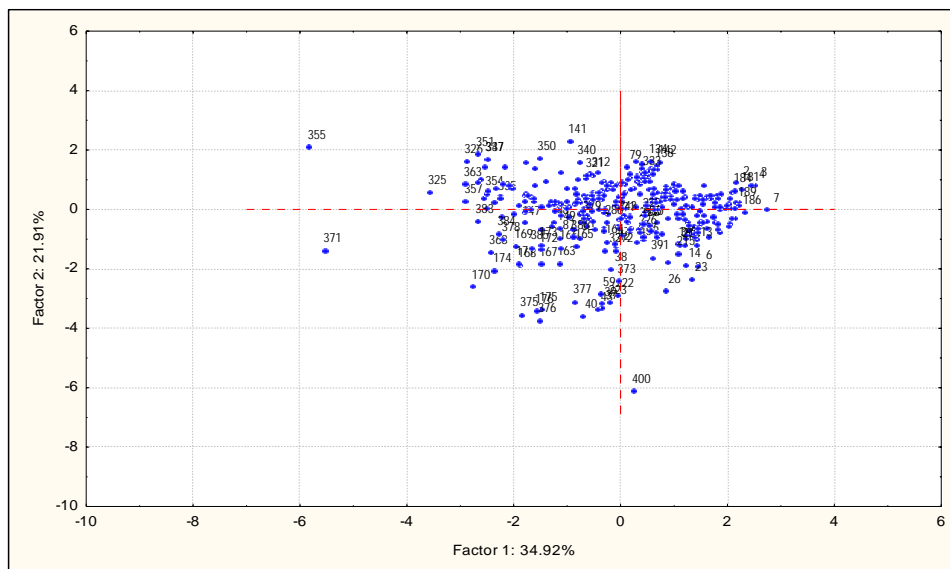


Figura 19. Gráfica de componentes principales de *Prionace glauca*

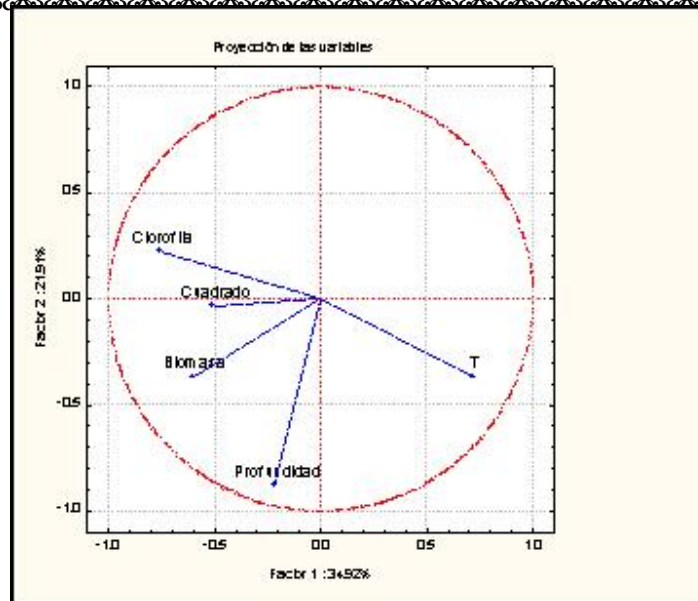


Figura 20. Proyección de las variables utilizadas como componentes principales para *Prionace glauca*

En cuanto a la relación espacial de las capturas del tiburón azul respecto a la TSM, se observó que en Septiembre de 1996 la máxima captura fue en una zona cálida de más de 25° C pero los lances se distribuyeron en zonas templadas, desde los 18 ° C. En Noviembre el esfuerzo se concentró al norte, alrededor de Isla Cedros, con TSM bajas de 18 a 22 ° C siendo este mes el de mayor captura de 1996. En Diciembre las temperaturas bajaron respecto al mes anterior y la captura disminuyó (Fig. 21 –23).

Para Enero de 1997 el esfuerzo se concentró al sur y hubo una concentración de lances en un frente térmico al noroeste de Bahía Magdalena. Febrero a Mayo se caracterizaron por temperaturas bajas y la captura tendió a subir, ubicándose preferentemente al sur, donde hubo TSM de 21 ° C. En Junio de 1997 fue el valor más alto de captura, los lances con captura se concentraron en una zona templada de 21 – 22 ° C rodeada por aguas cálidas (Fig. 24 – 28). La captura disminuyó de 15 ton a casi 0 en Julio, Agosto y Septiembre de 1997, lo que coincide con el principio de El Niño 97-98. La TSM fue muy alta en comparación a meses anteriores fluctuando de 26 ° C a 29 ° C. Esto provocó que

se incrementara el esfuerzo de pesca durante Octubre y Noviembre hasta Isla Cedros, aumentando la captura total pero con una CPUE muy baja (Fig. 35 – 38). De Diciembre de 1997 a Abril de 1998 la temperatura bajó y los lances positivos fueron acumulándose en la región de los 21 ° C (Fig. 39 – 43). En Mayo se dio el máximo de captura de tiburón azul para 1998, la TSM fueron muy bajas con un intervalo de 18 ° C – 20 ° C. Julio y Agosto fueron meses donde hubo un incremento muy alto de la TSM, alcanzando hasta 28 ° C, lo que coincide con la segunda parte del fenómeno del Niño 97-98. La CPUE declinó abruptamente el resto del año (Fig. 44 – 48).

El año de menor esfuerzo y capturas bajas fue 1999. Este año fue considerado de condiciones La Niña, la cual presentó en el primer semestre TSM de 16 ° C a 18 ° C. De Enero a Mayo la TSM fue disminuyendo y la captura tendió a aumentar aunque su valor fue bajo. En Agosto y Septiembre las condiciones cálidas retornaron al sur de Bahía Magdalena pero la captura de tiburón azul fue nula o escasa (Fig. 49– 55).

El año 2000 se caracterizó por un aumento en las capturas respecto a 1999. En Enero se alcanzó un pico de capturas en la región de los 19 - 20 ° C, la captura disminuye los siguientes tres meses junto con la TSM que fluctúa de los 17 ° C a los 18 ° C (Fig. 56 – 59). En Mayo, Junio y Julio la TSM vuelve a subir de 18 ° C a 23 ° y aunque las capturas totales permanecen constantes, la CPUE es alta. En Agosto del 2000 la captura disminuyó significativamente, la TSM fluctuó en este mes de 25 ° C a 27 ° C. Es hasta Noviembre y Diciembre que la captura aumenta y los lances se distribuyen cerca de la zona de transición termal (Fig. 60 – 65).

Enero del 2001 fue el mes con más captura total de tiburón azul en el semestre. Los lances se concentraron en un frente termal a TSM de 20 ° C a 21 ° C. De Febrero a Abril la temperatura bajó hasta los 18 ° C y la captura disminuyó

para incrementarse en Junio al oeste de Bahía Magdalena coincidiendo con la TSM de 20.7° C (Fig. 66 – 71).

Nó se muestran todas las imágenes de la distribución de las capturas sobrepuestas a las imágenes de clorofila debido a que no se encontró una relación significativa entre la probabilidad de captura de *Prionace glauca* con la concentración de clorofila “a”. Las figuras 72 y 73 son meramente ilustrativas para una mejor comprensión de la causa aparente por la cual no hubo una relación significativa de las capturas con zonas de alta o baja productividad primaria. Se observa la distribución de los lances positivos en áreas de baja concentración de clorofila y en ambientes considerados ya como oceánicos.

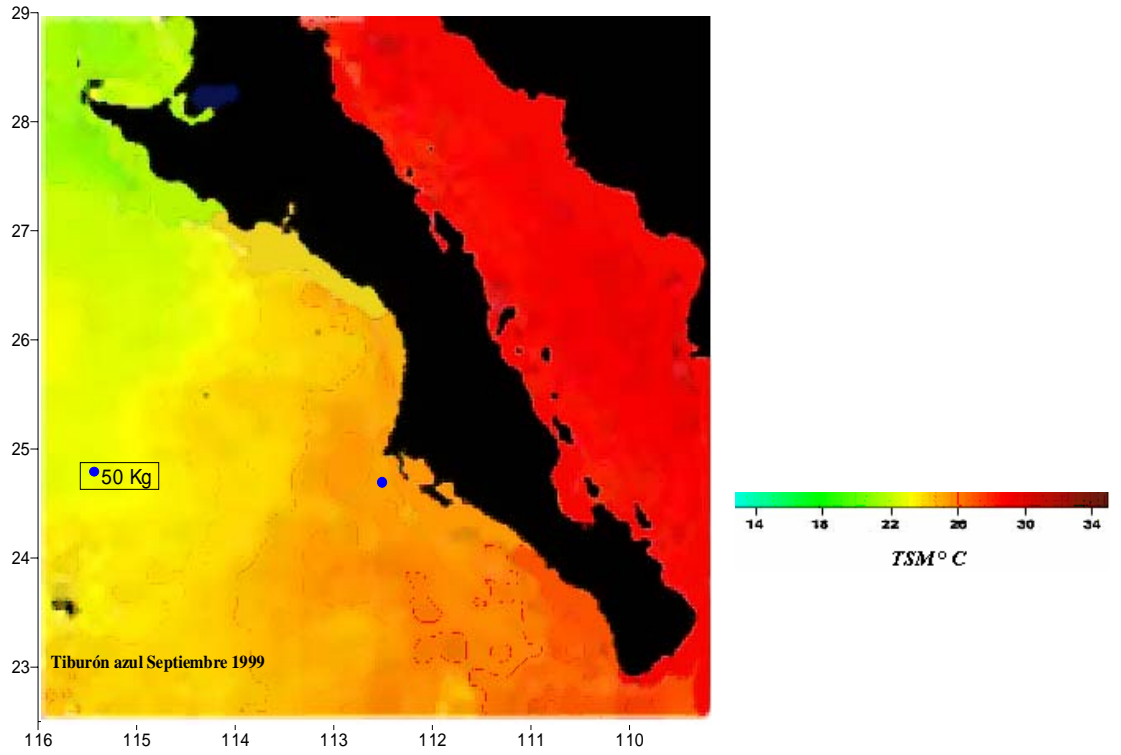


Figura 21. Captura de *Prionace glauca* en Septiembre 1996

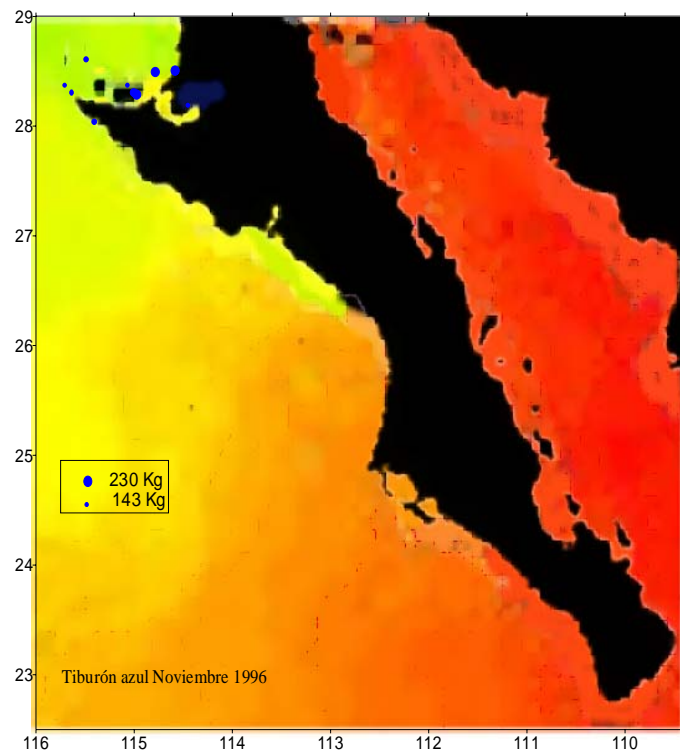


Figura 22. Captura de *Prionace glauca* en Noviembre 1996

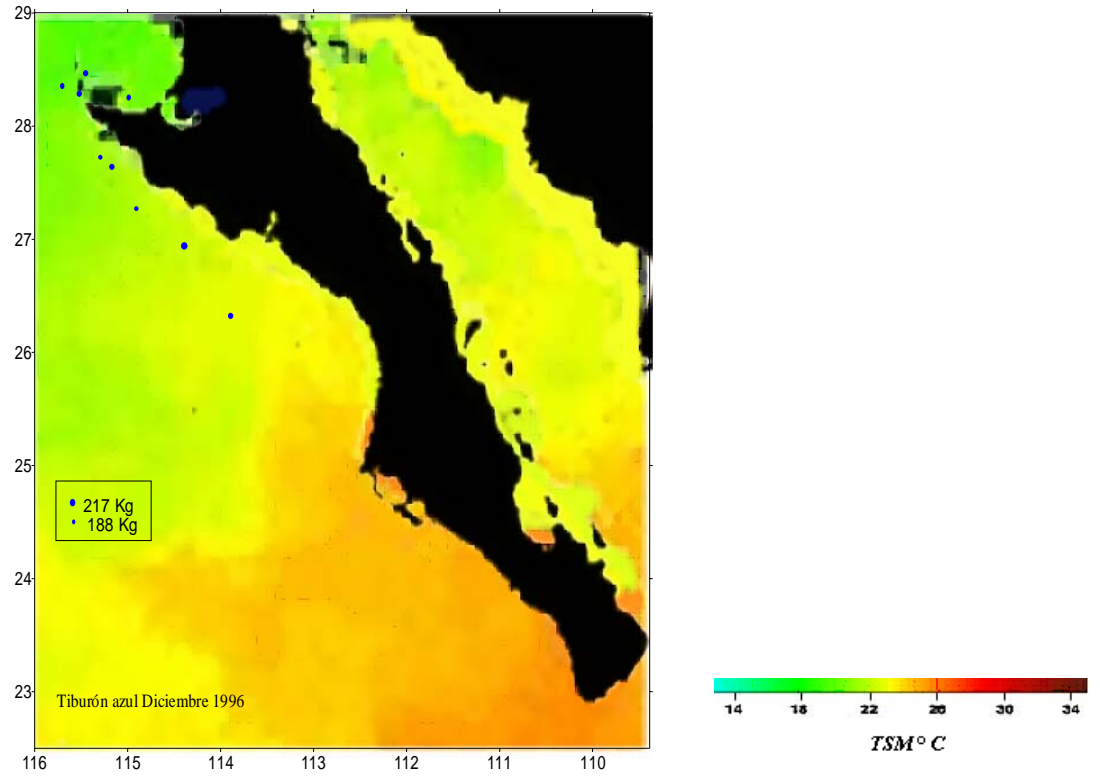


Figura 23. Captura de *Prionace glauca* en Diciembre 1996

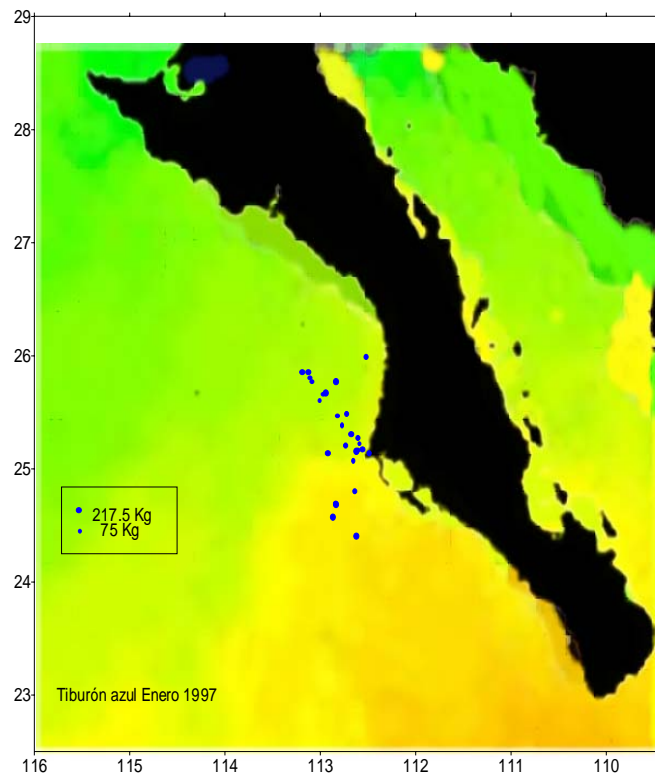


Figura 24 - Captura de *Prionace glauca* en Enero 1997

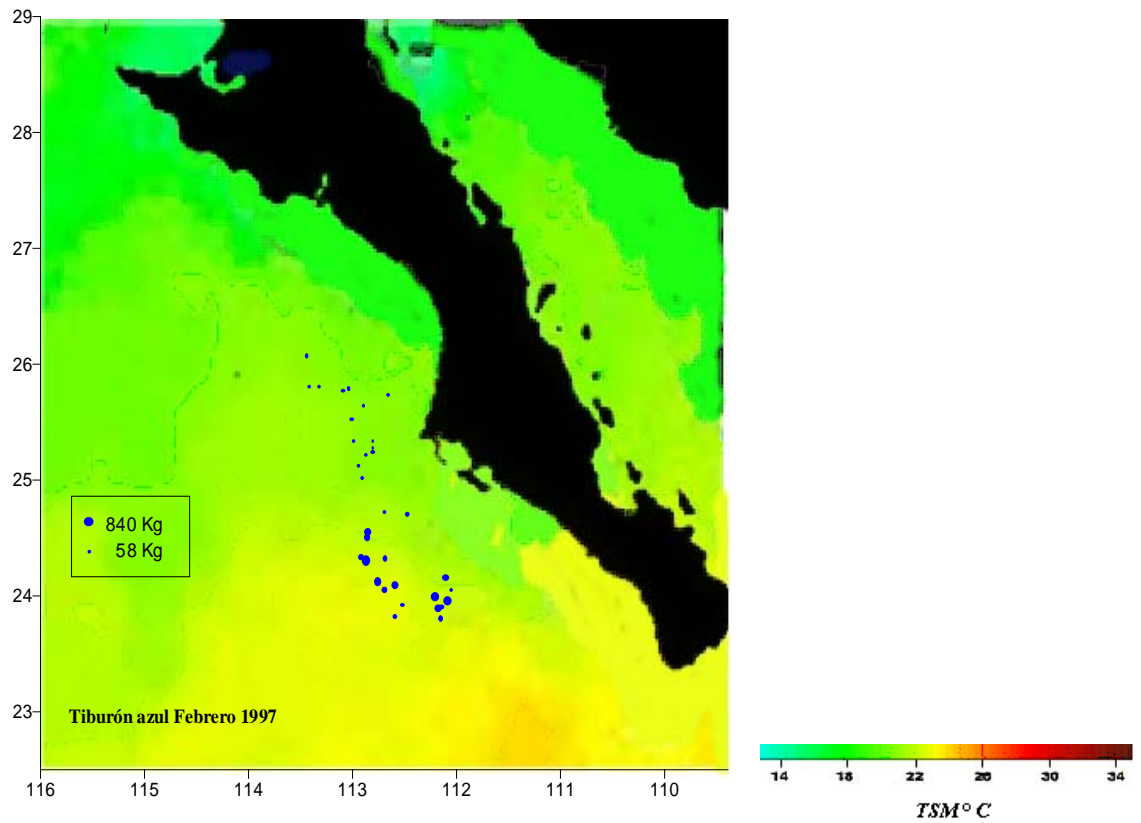


Figura 25. Captura de *Prionace glauca* en Febrero 1997

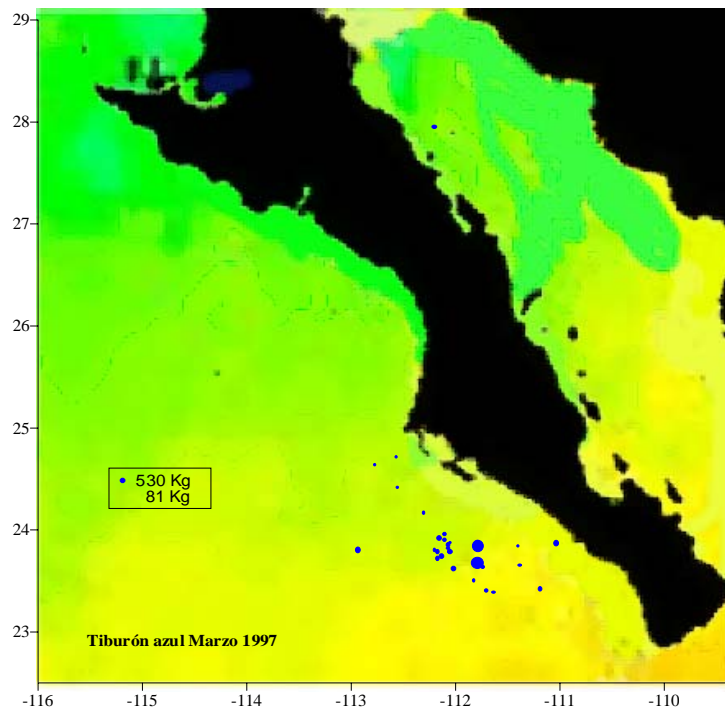


Figura 26. Captura de *Prionace glauca* en Marzo 1997

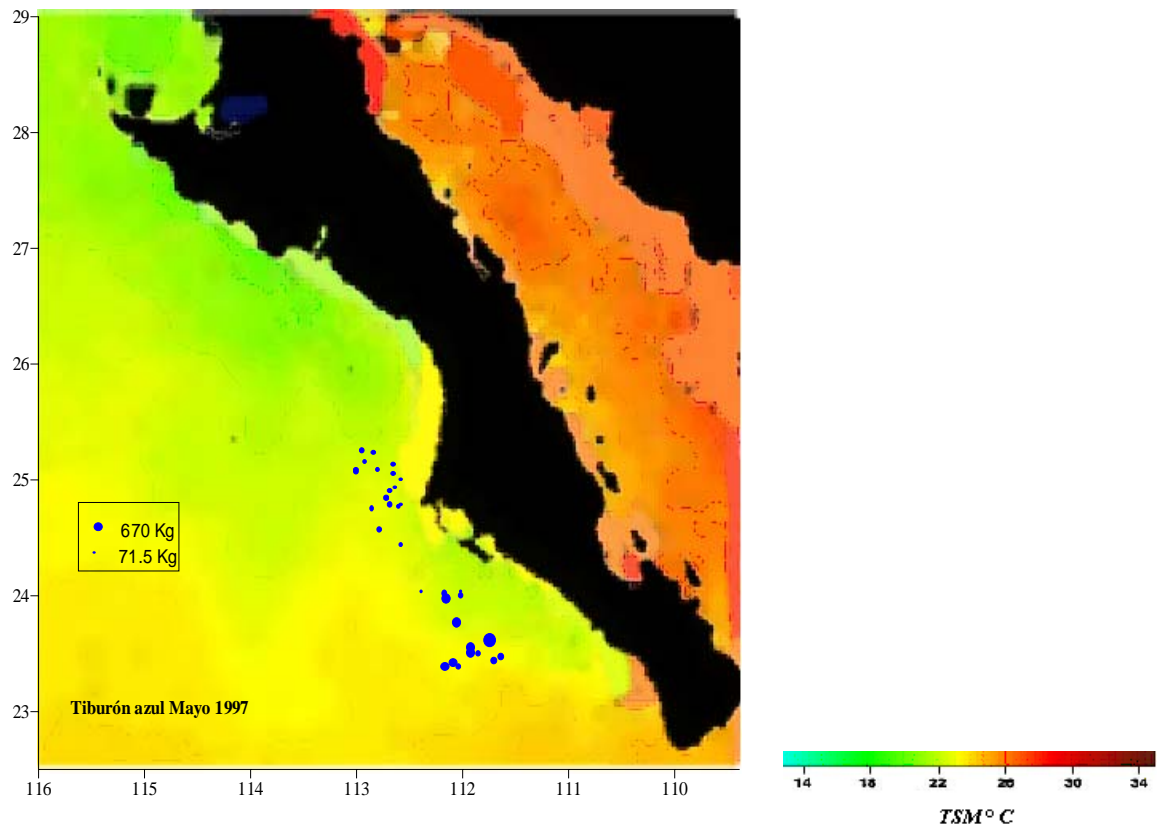


Figura 27. Captura de *Prionace glauca* en Mayo 1997

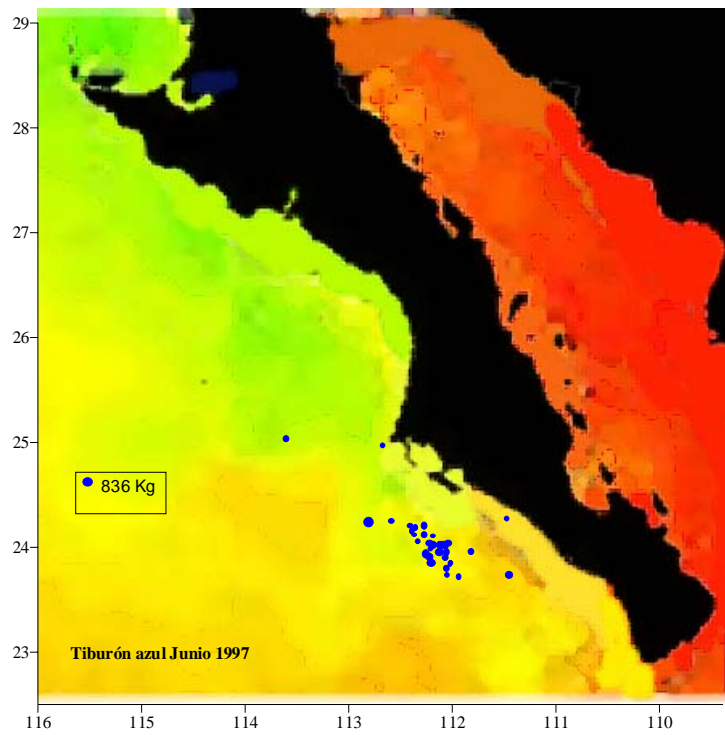


Figura 28. Captura de *Prionace glauca* en Junio 1997

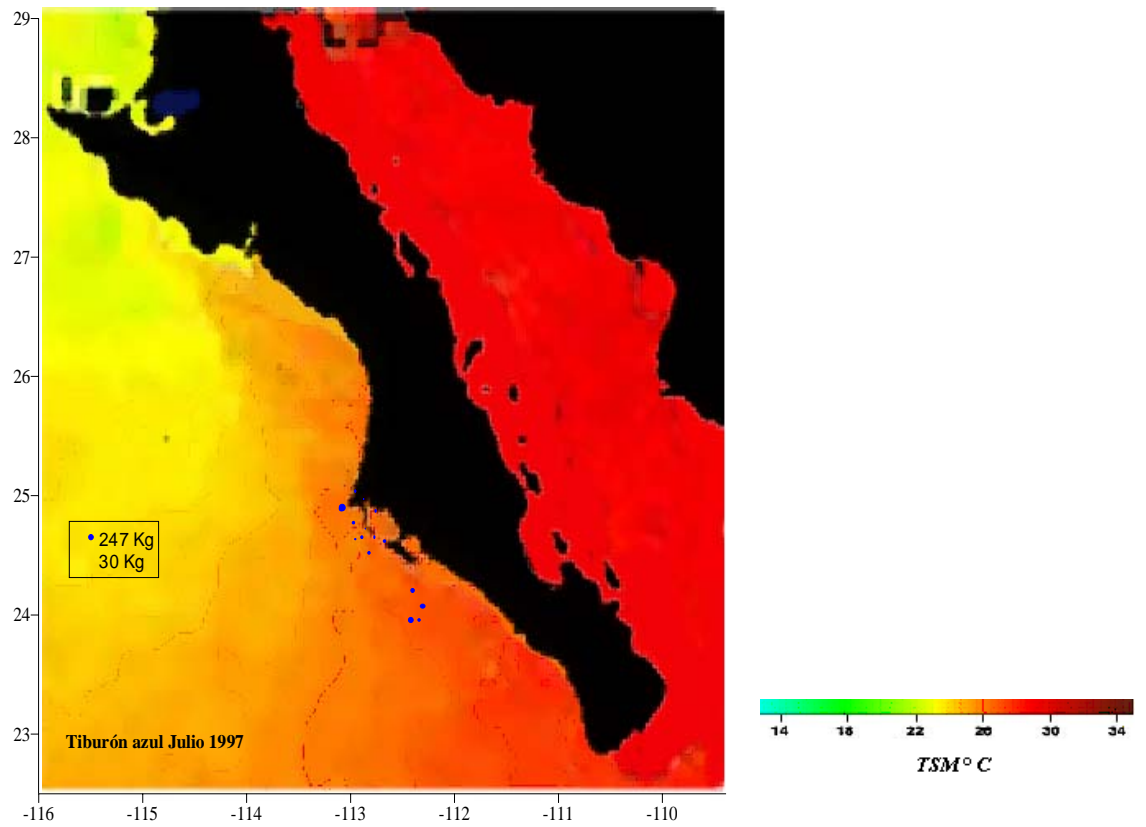


Figura 29. Captura de *Prionace glauca* en Julio 1997

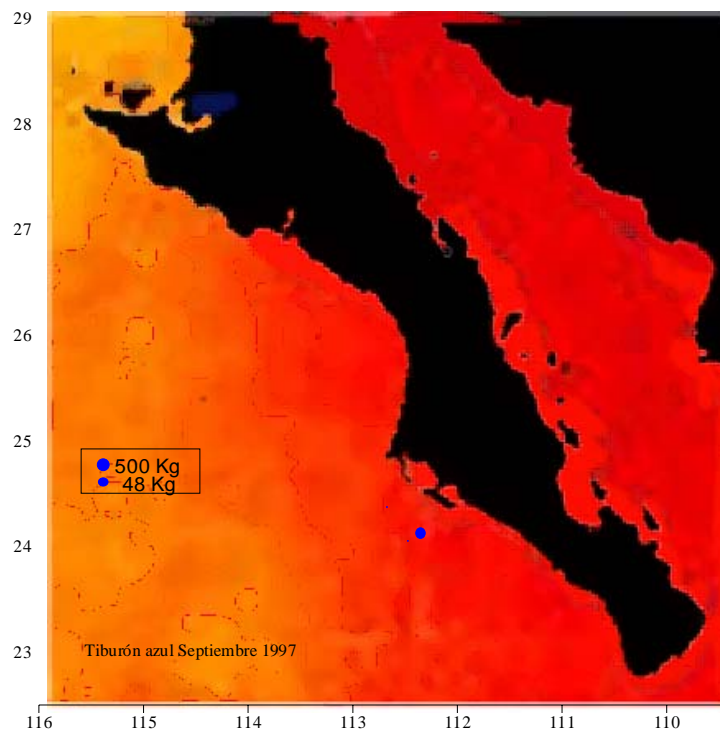


Figura 30. Captura de *Prionace glauca* en Septiembre 1997

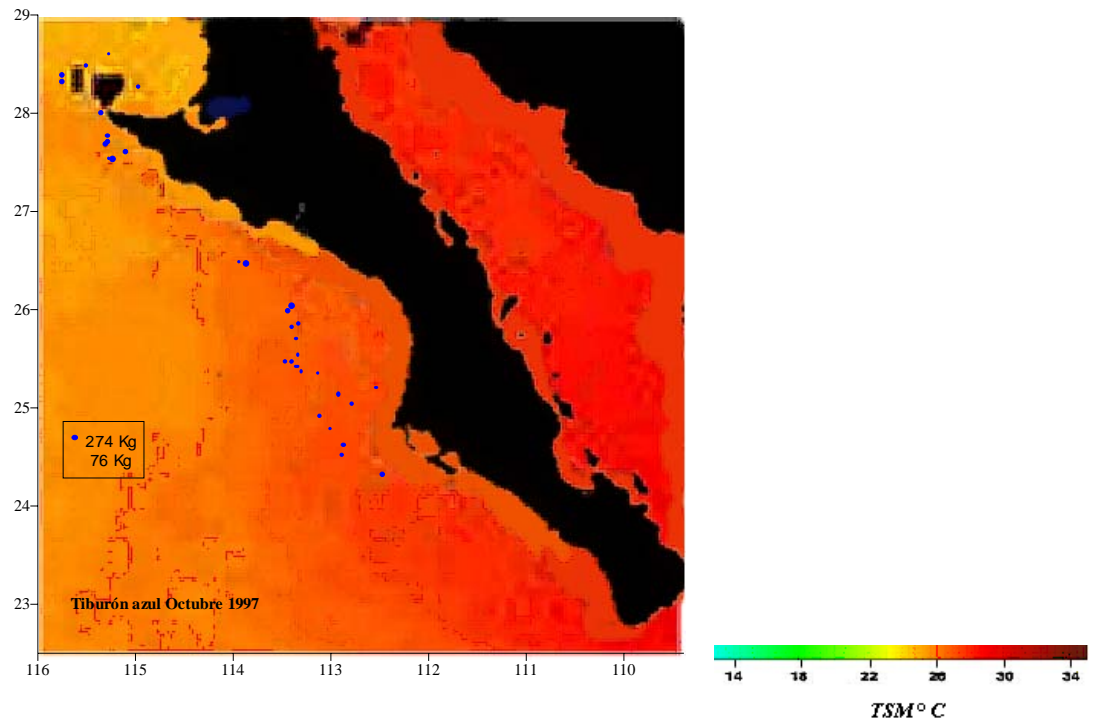


Figura 31. Captura de *Prionace glauca* en Octubre 1997

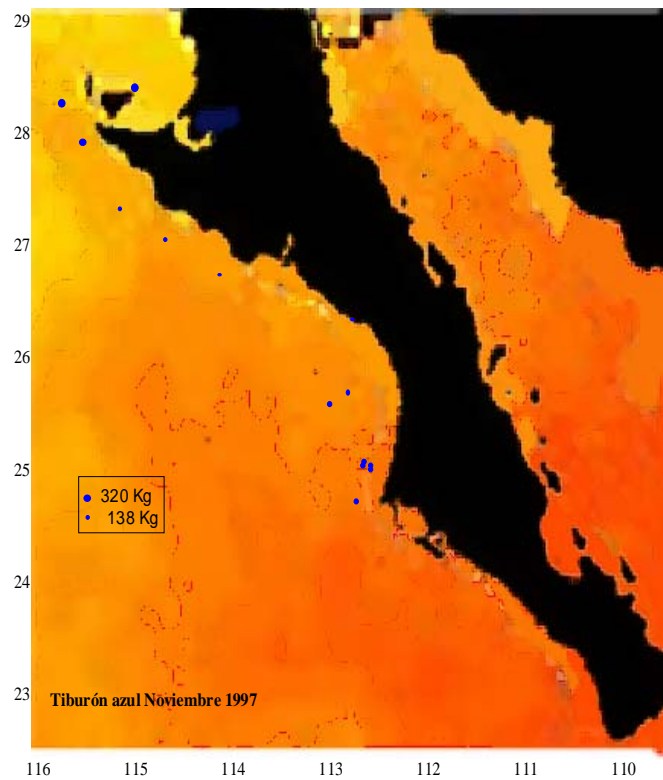


Figura 32. Captura de *Prionace glauca* en Noviembre 1997

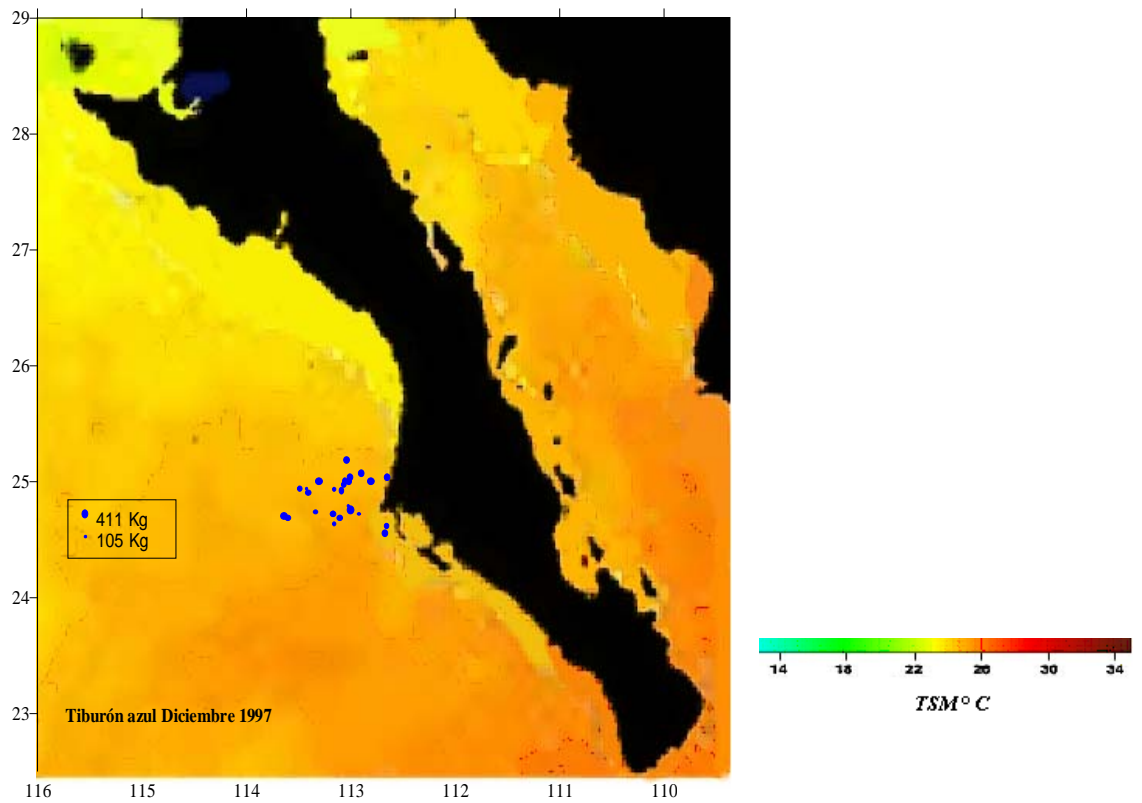


Figura 33. Captura de *Prionace glauca* en Diciembre 1997

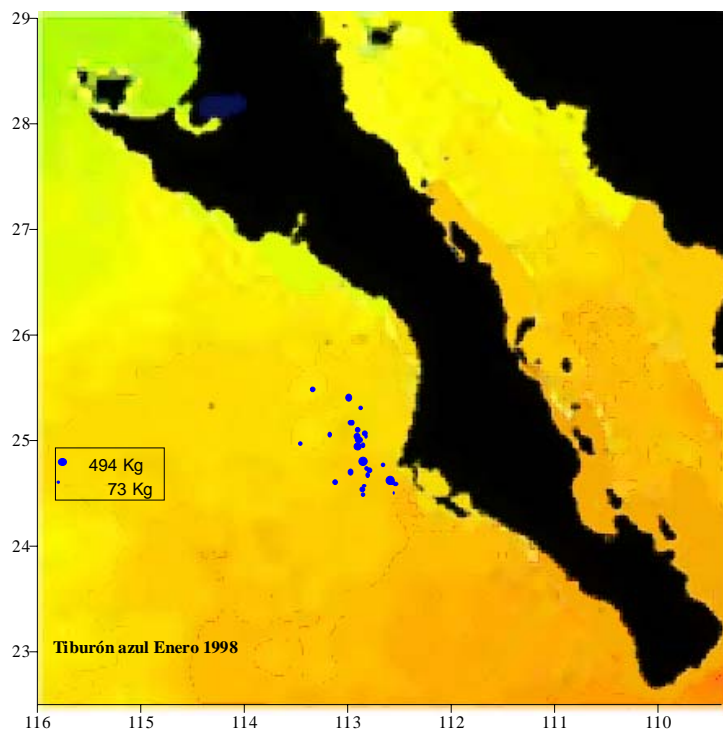


Figura 34. Captura de *Prionace glauca* en Enero 1998

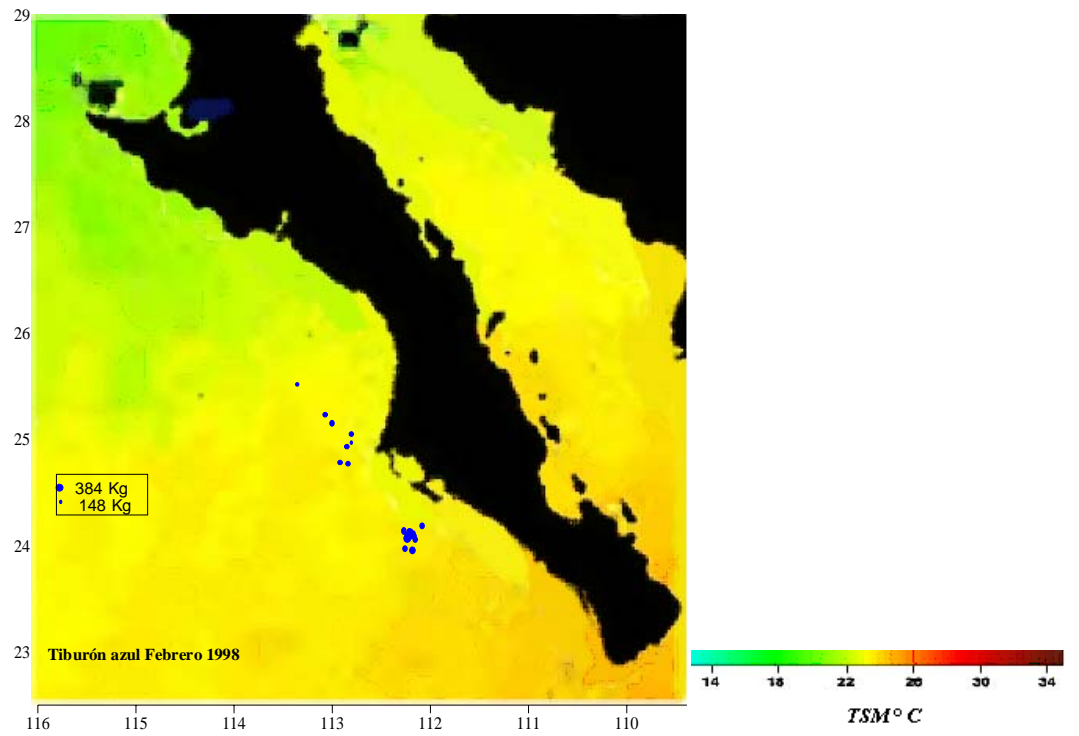


Figura 35. Captura de *Prionace glauca* en Febrero 1998

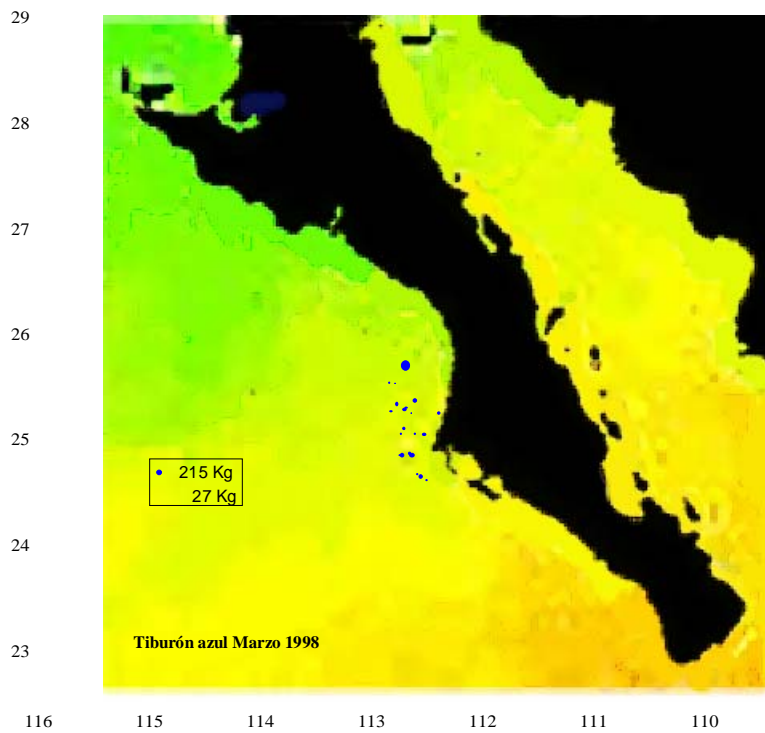


Figura 36. Captura de *Prionace glauca* en Marzo 1998

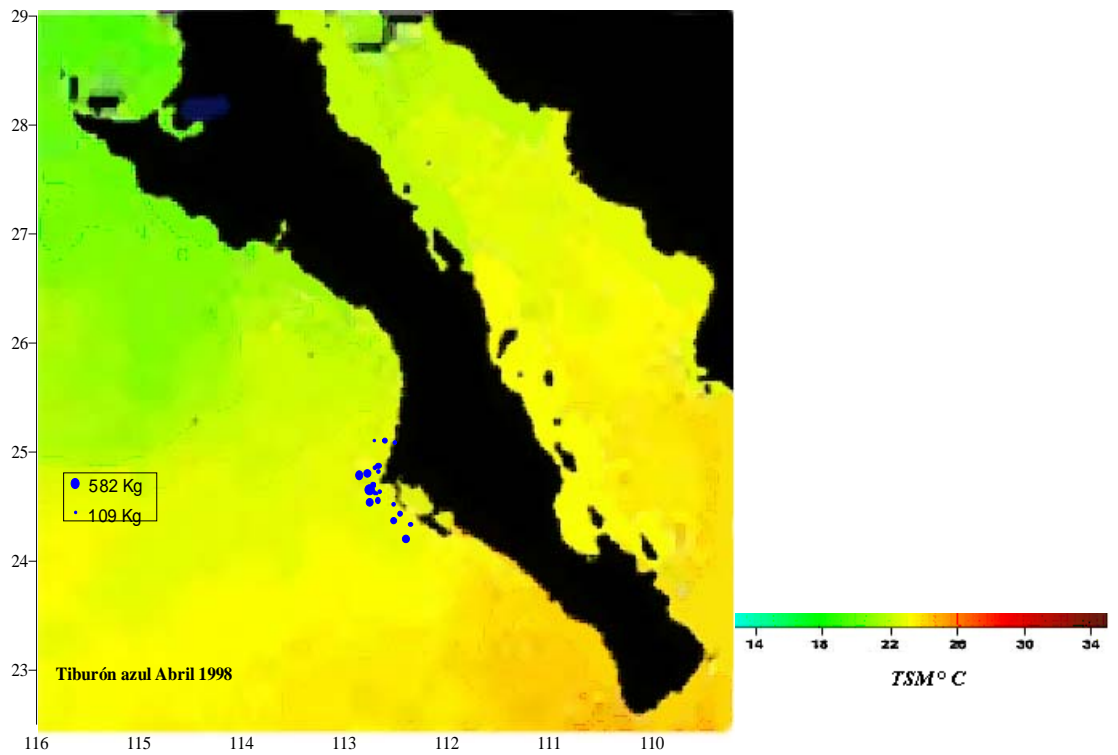


Figura 37. Captura de *Prionace glauca* en Abril 1998

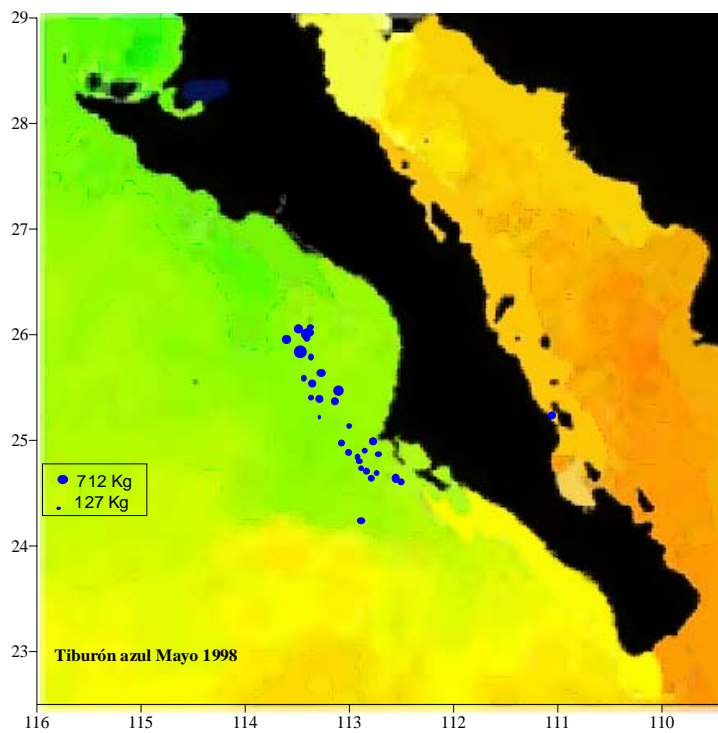


Figura 38. Captura de *Prionace glauca* en Mayo 1998

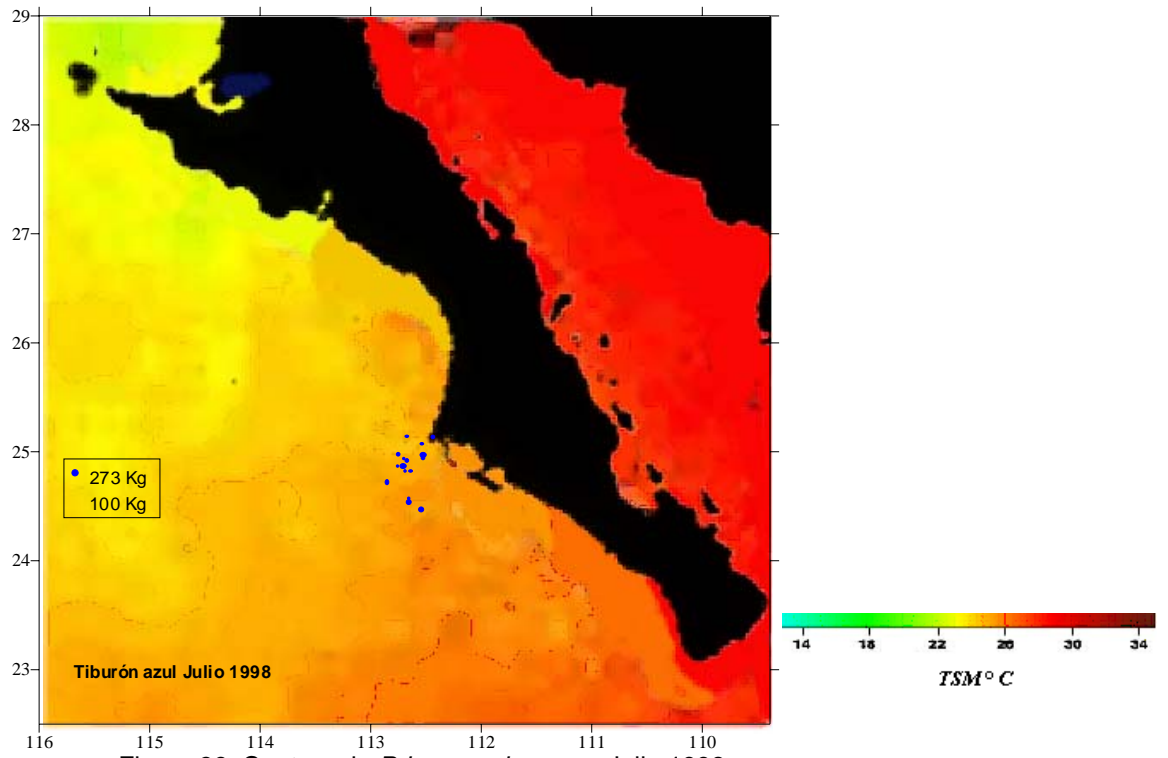


Figura 39. Captura de *Prionace glauca* en Julio 1998

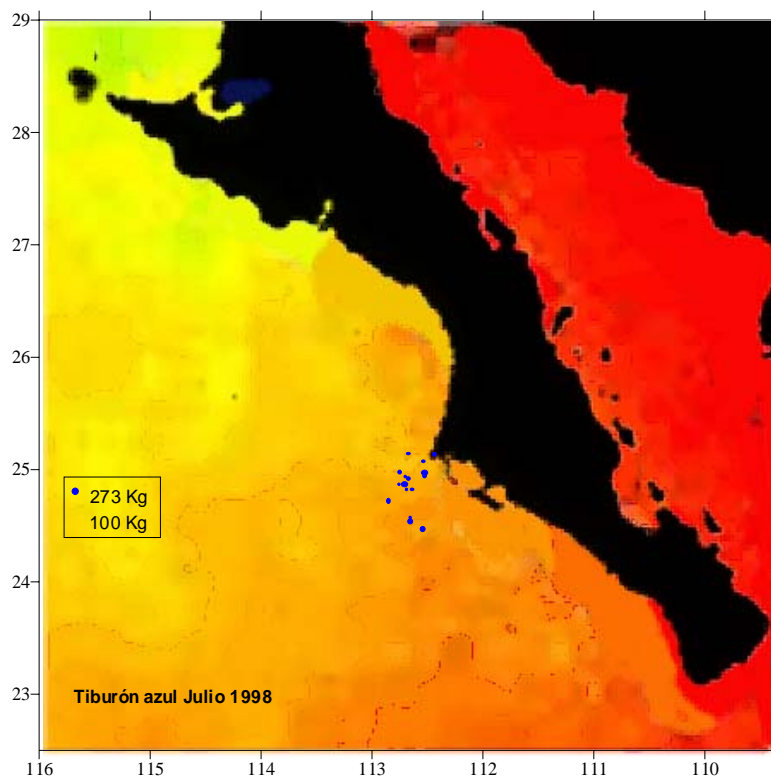


Figura 40. Captura de *Prionace glauca* en Agosto 1998

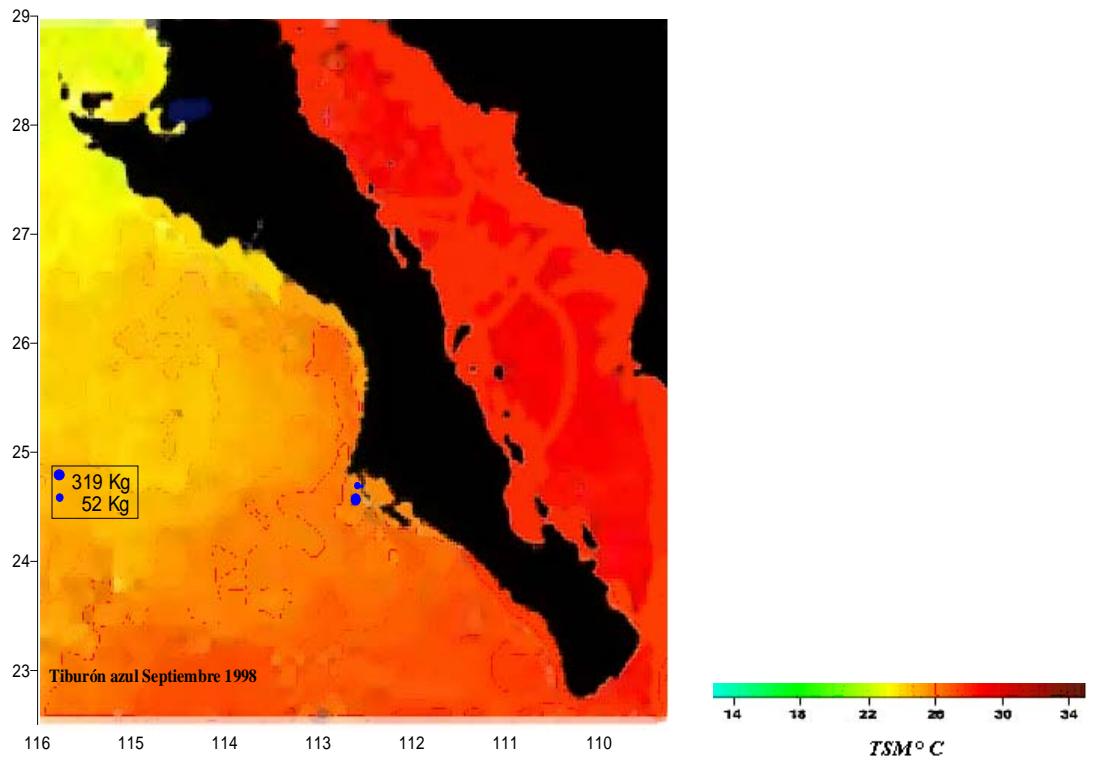


Figura 41. Captura de *Prionace glauca* en Septiembre 1998

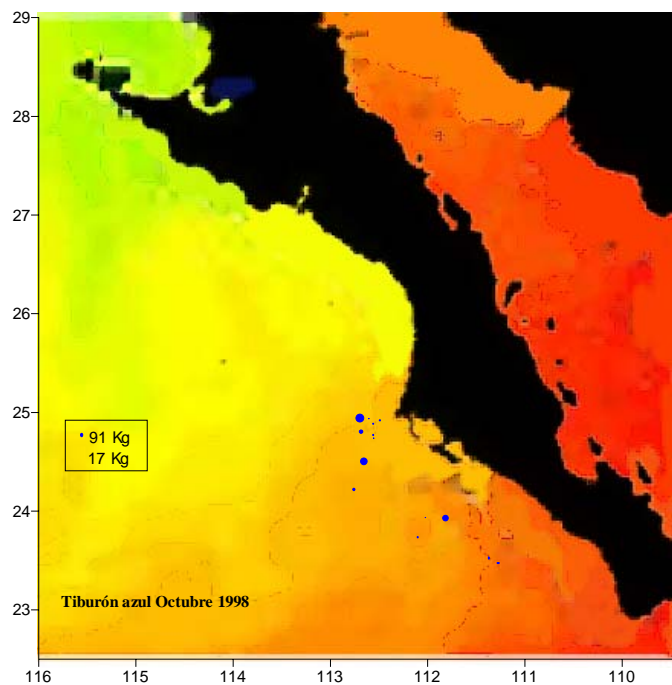


Figura 42. Captura de *Prionace glauca* en Octubre 1998

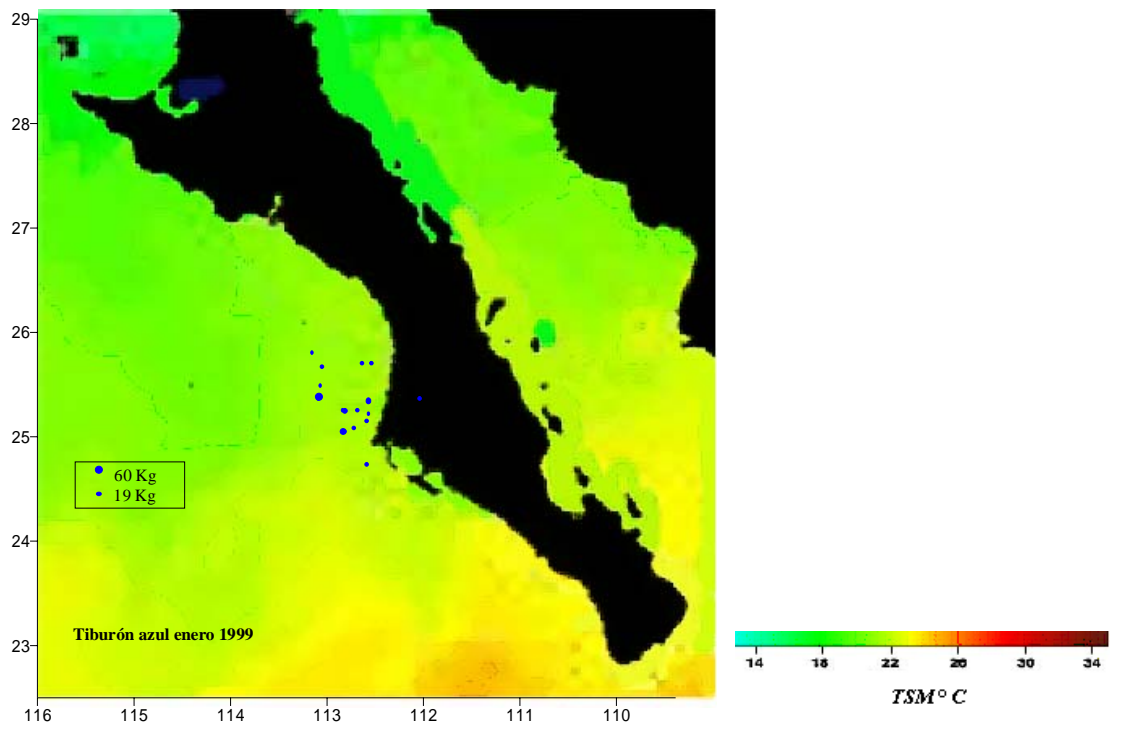


Figura 43. Captura de *Prionace glauca* en Enero 1999

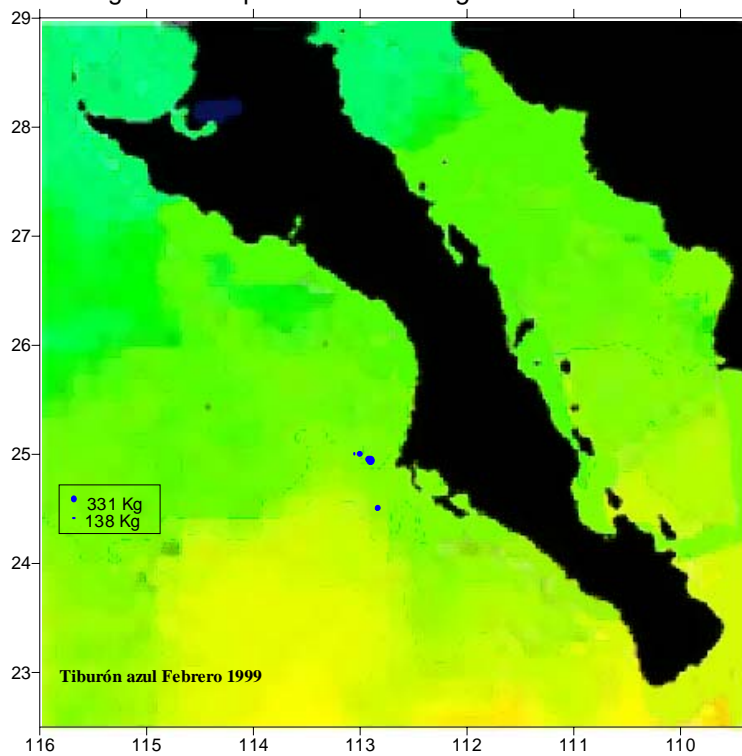


Figura 44. Captura de *Prionace glauca* en Febrero de 1999

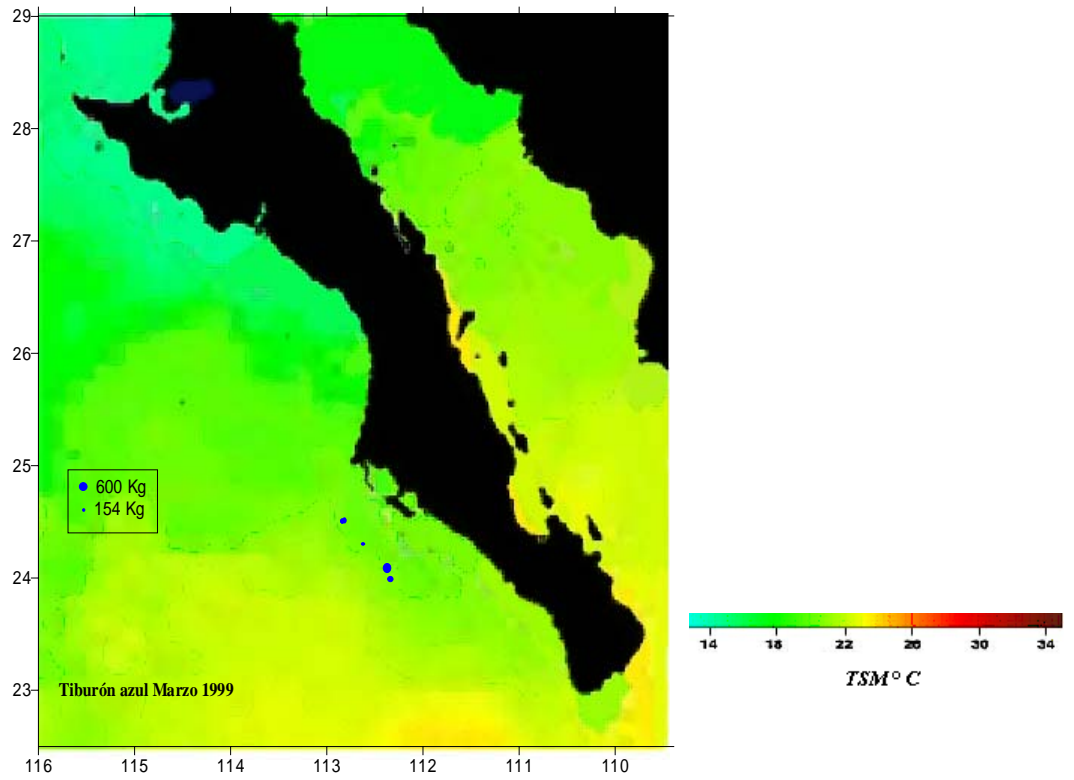


Figura 45. Captura de *Prionace glauca* en Marzo de 1999

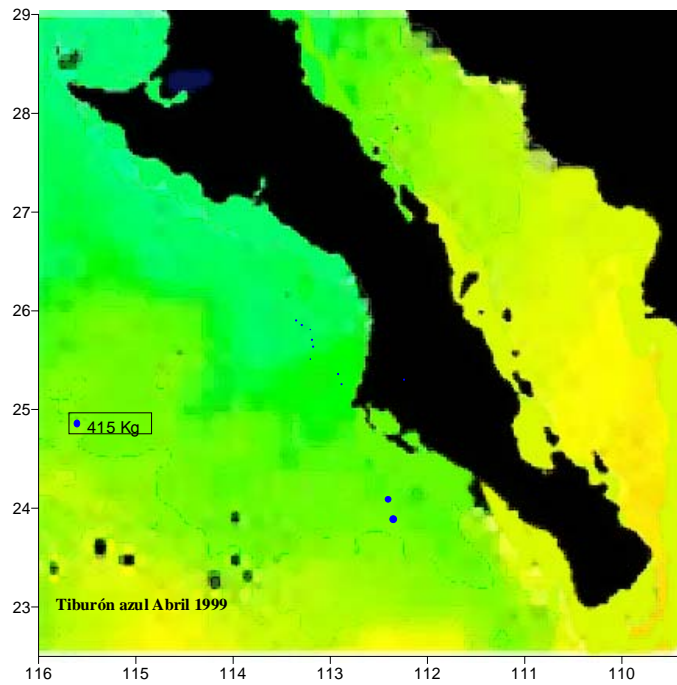


Figura 46. Captura de *Prionace glauca* en Abril de 1999

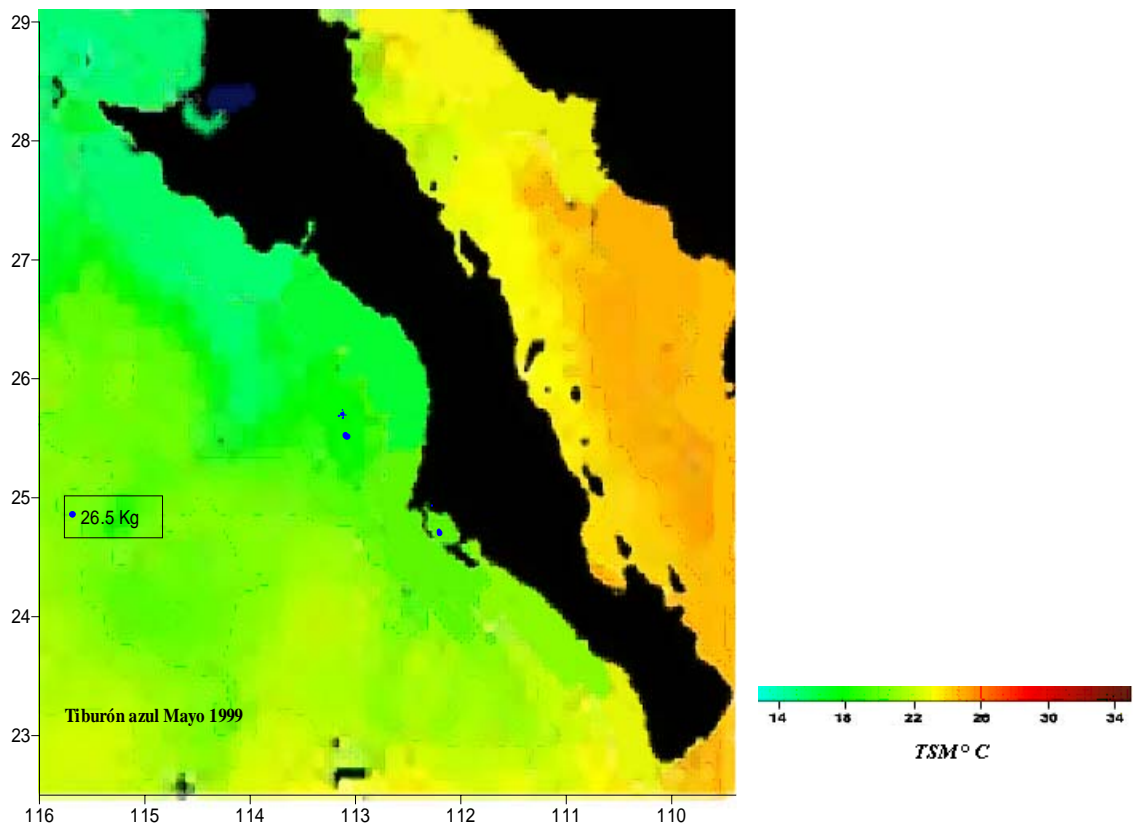


Figura 47. Captura de *Prionace glauca* en Mayo de 1999

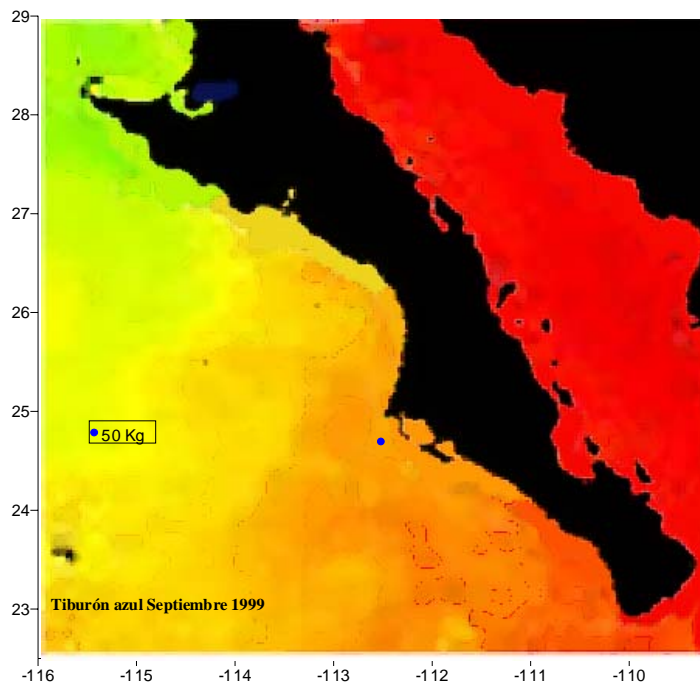


Figura 48. Captura de *Prionace glauca* en Septiembre de 1999

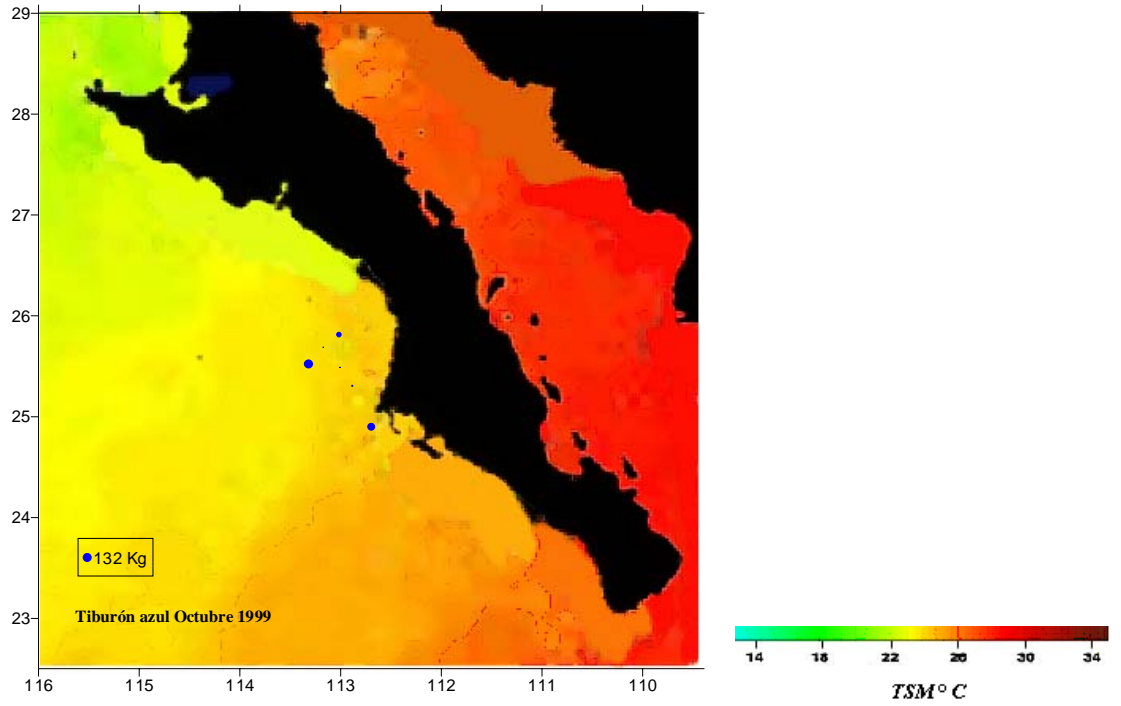


Figura 49. Captura de *Prionace glauca* en Octubre de 1999

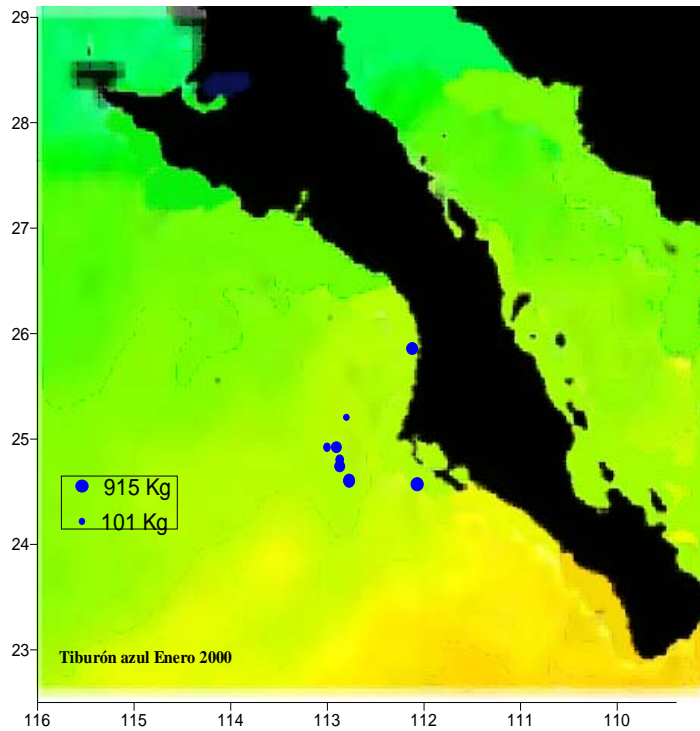


Figura 50. Captura de *Prionace glauca* en Enero 2000

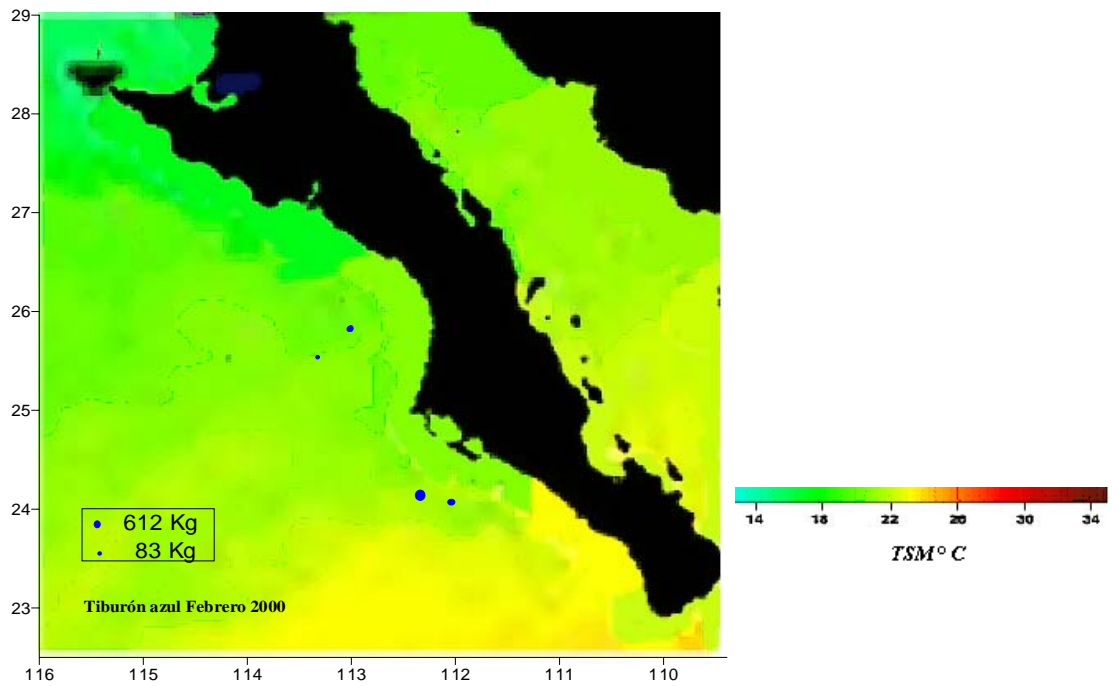


Figura 51. Captura de *Prionace glauca* en Febrero 2000

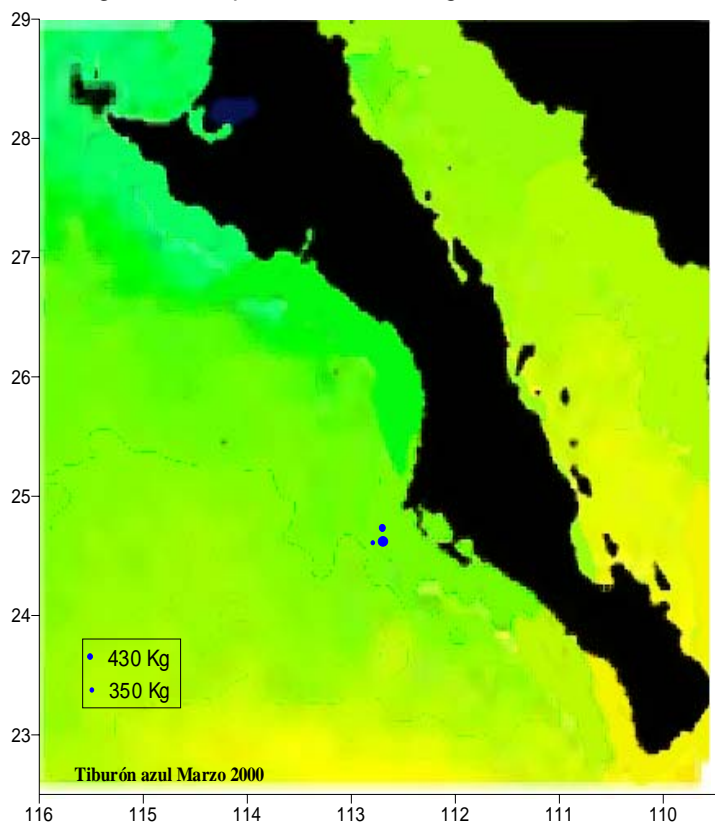


Figura 52. Captura de *Prionace glauca* en Marzo 2000

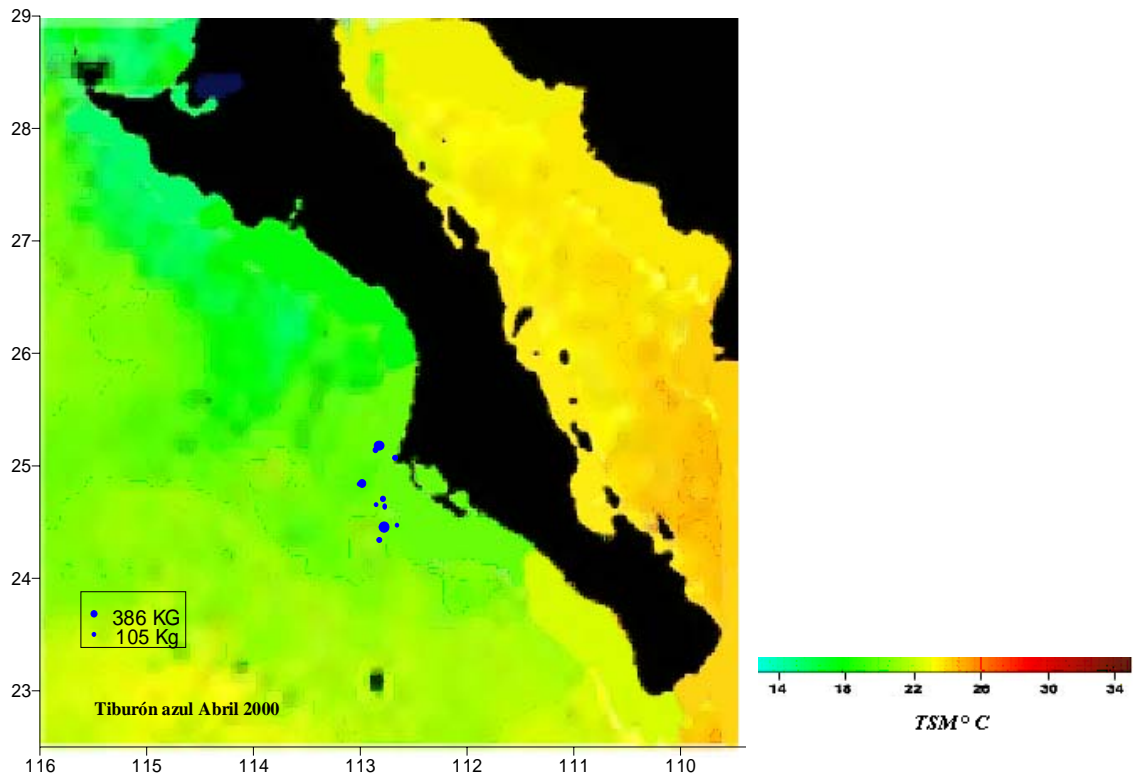


Figura 53. Captura de *Prionace glauca* en Abril del 2000

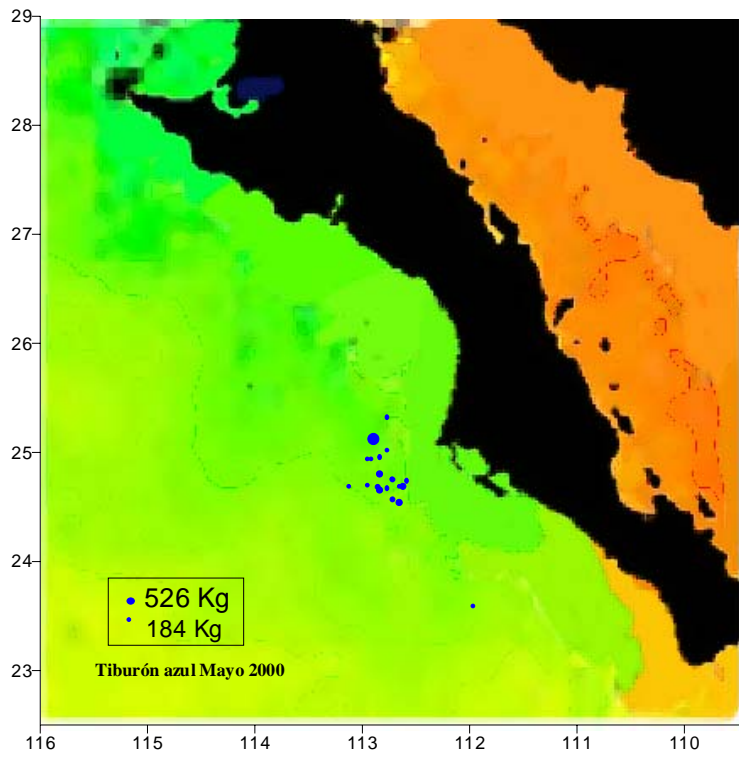


Figura 54. Captura de *Prionace glauca* en Mayo del 2000

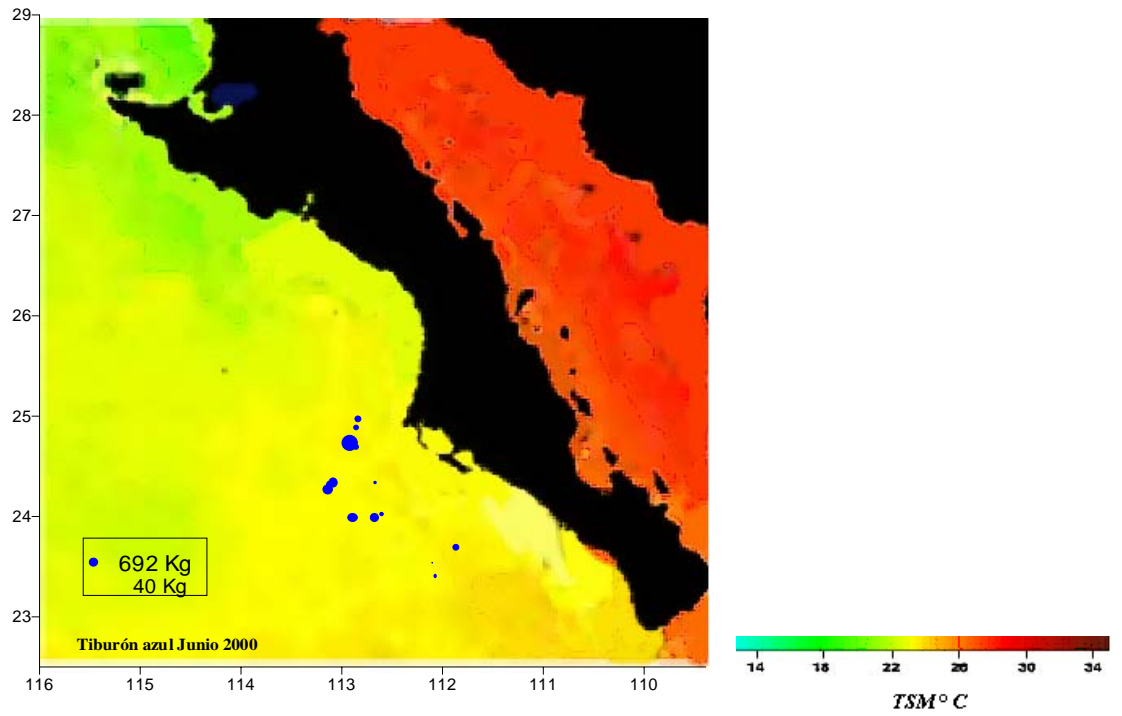


Figura 55. Captura de *Prionace glauca* en Junio del 2000

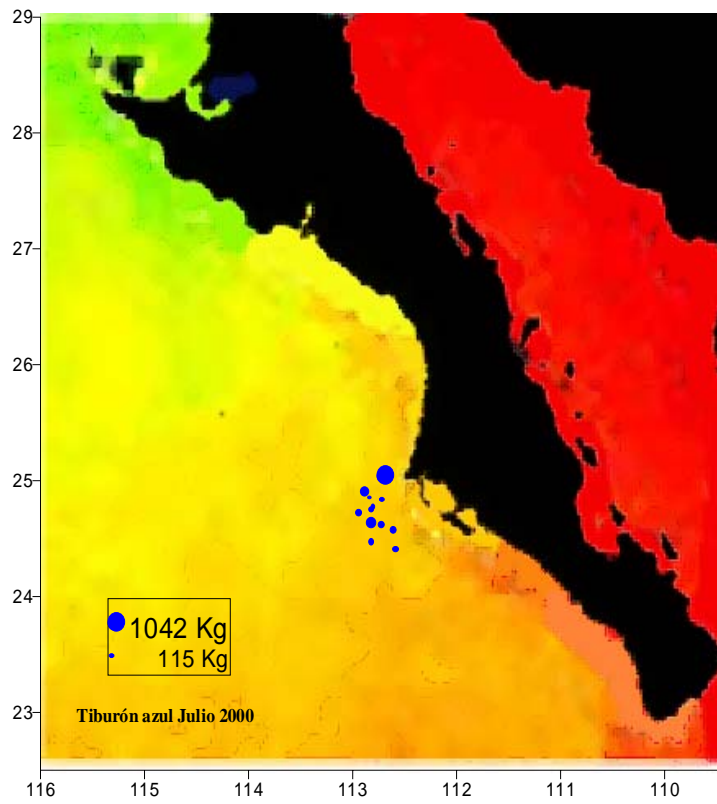


Figura 56. Captura de *Prionace glauca* en Julio del 2000

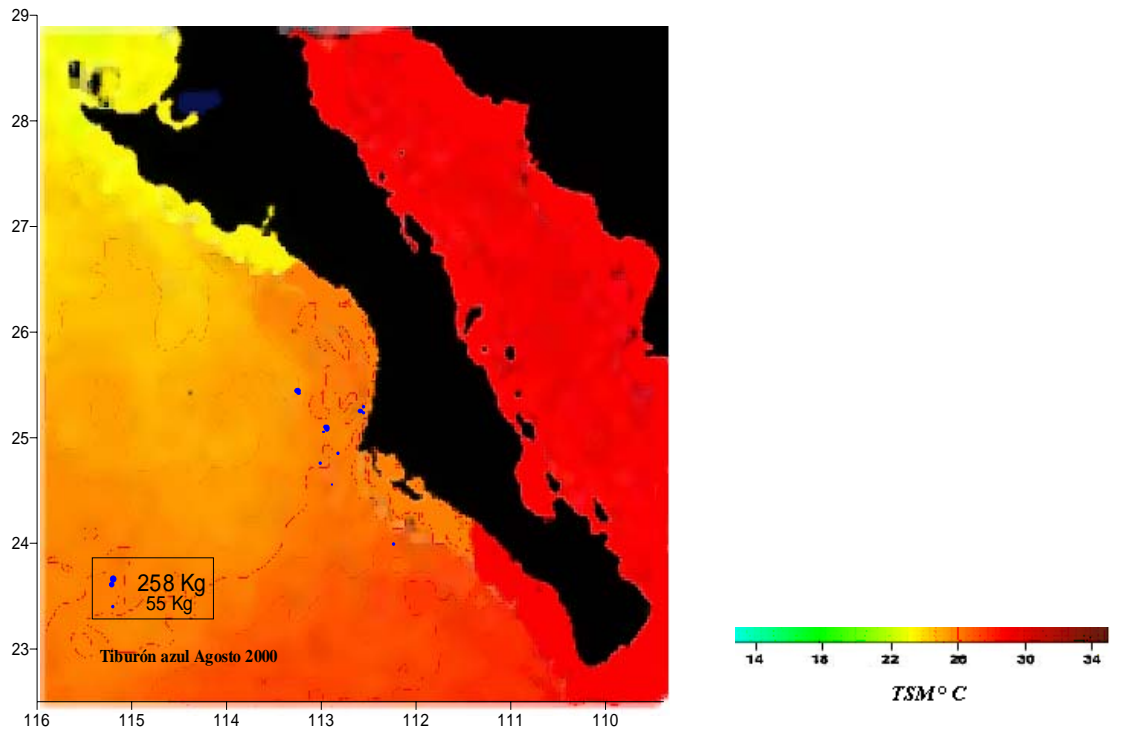


Figura 57. Captura de *Prionace glauca* en Agosto del 2000

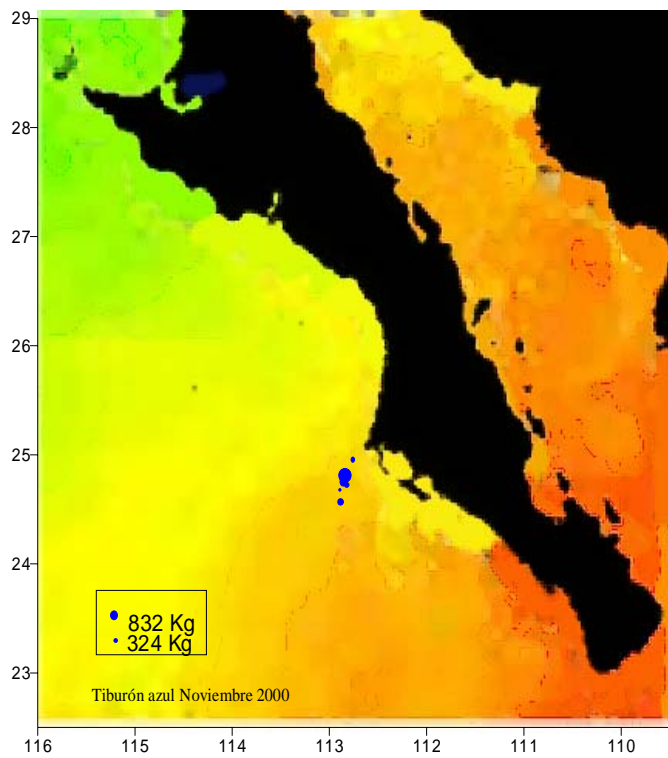


Figura 58. Captura de *Prionace glauca* en Noviembre del 2000

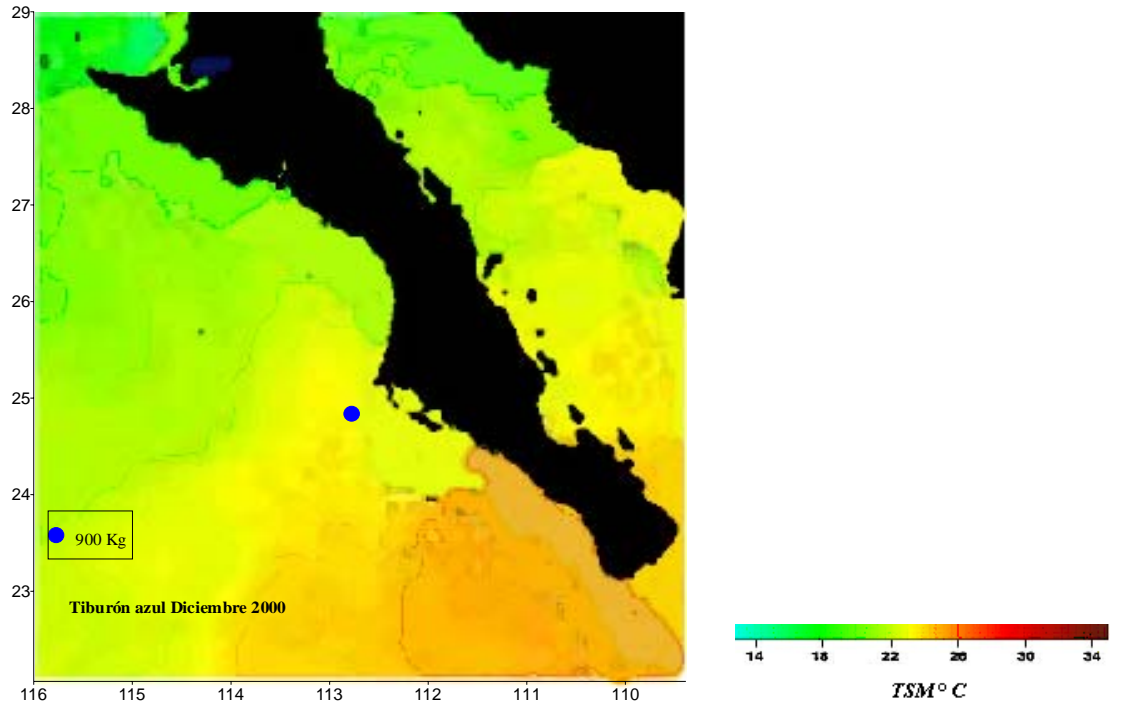


Figura 59. Captura de *Prionace glauca* en Diciembre del 2000

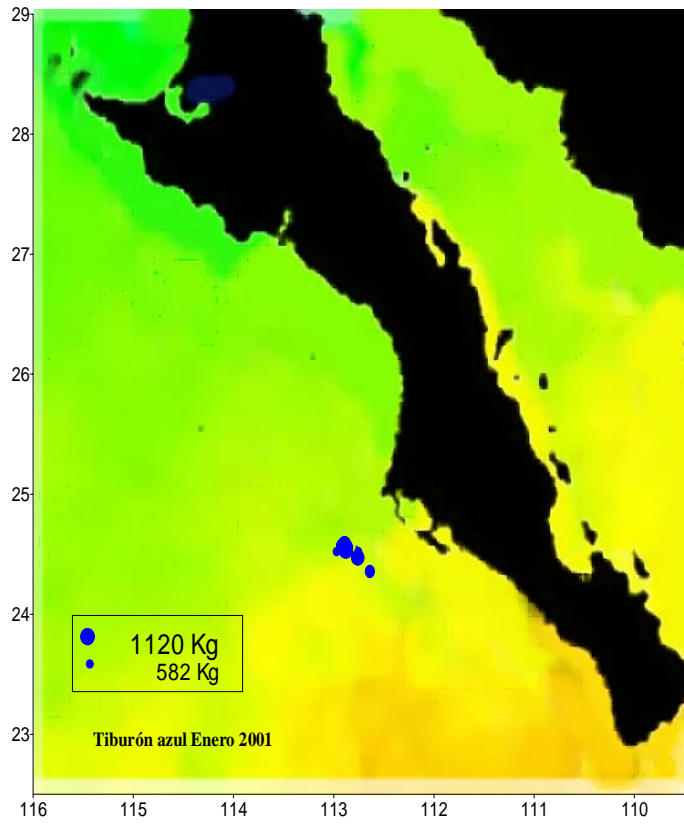


Figura 60. Captura de *Prionace glauca* en Enero del 2001

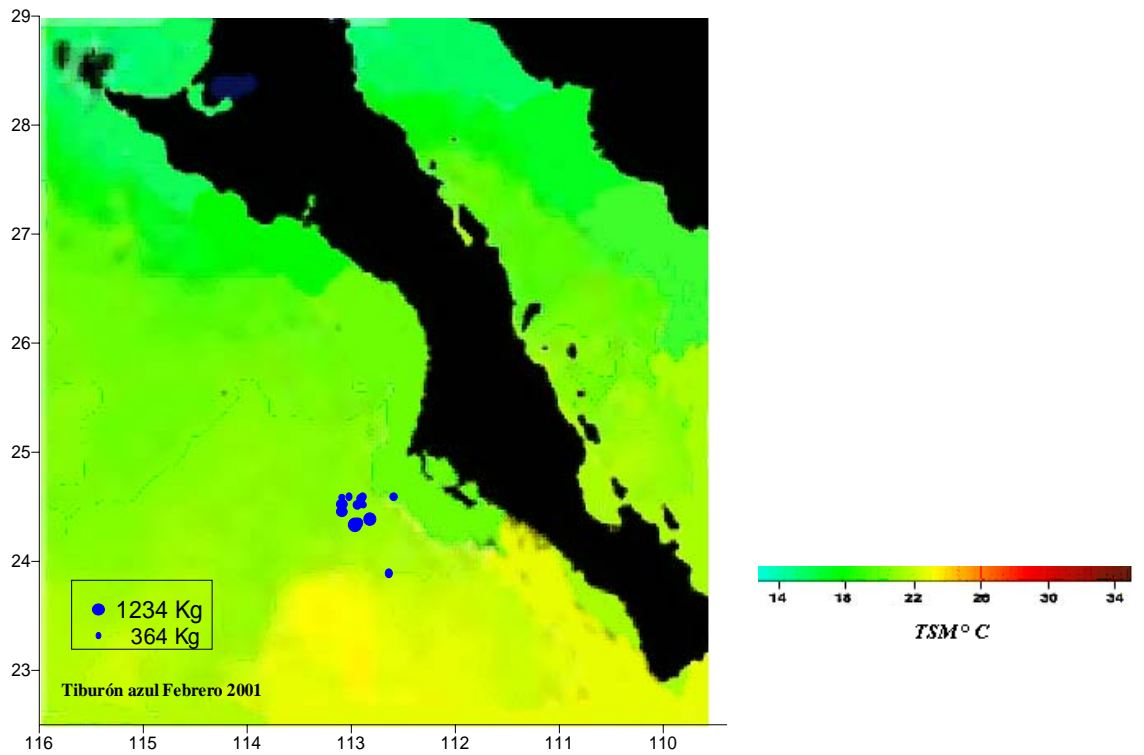


Figura 61. Captura de *Prionace glauca* en Febrero del 2001

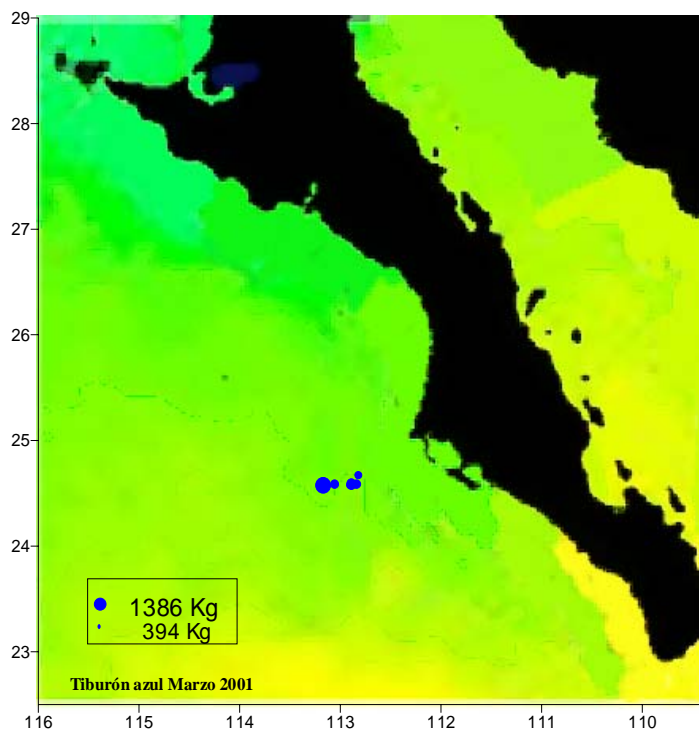


Figura 62. Captura de *Prionace glauca* en Marzo del 2001

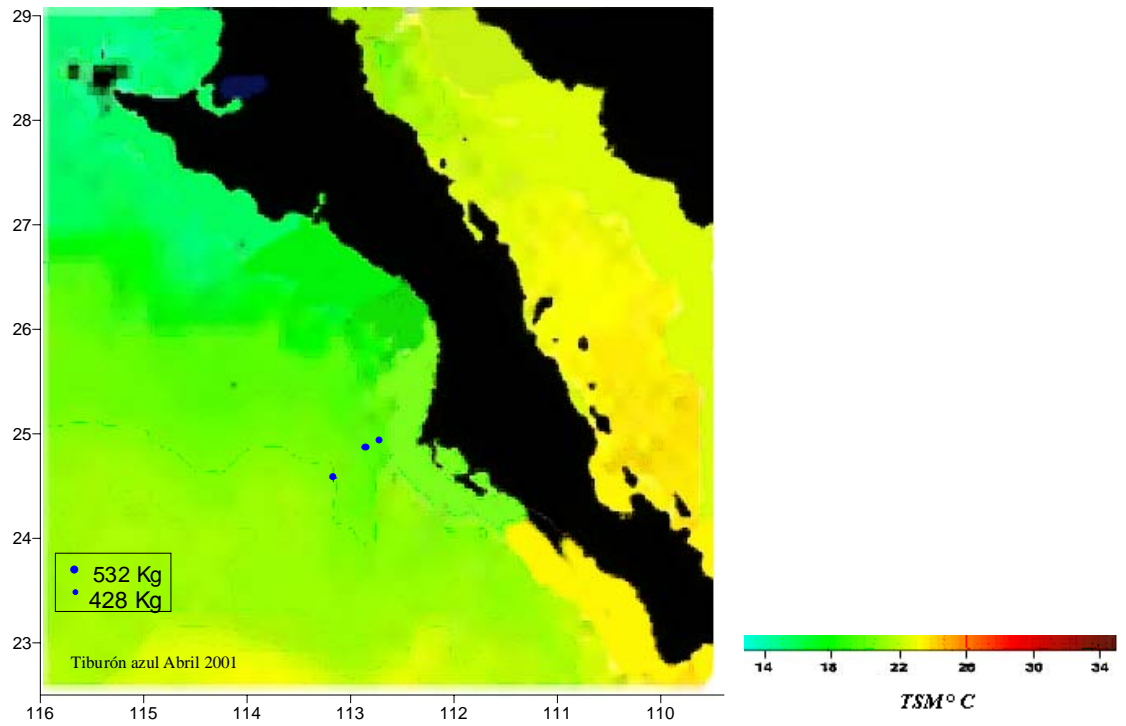


Figura 63. Captura de *Prionace glauca* en Abril del 2001

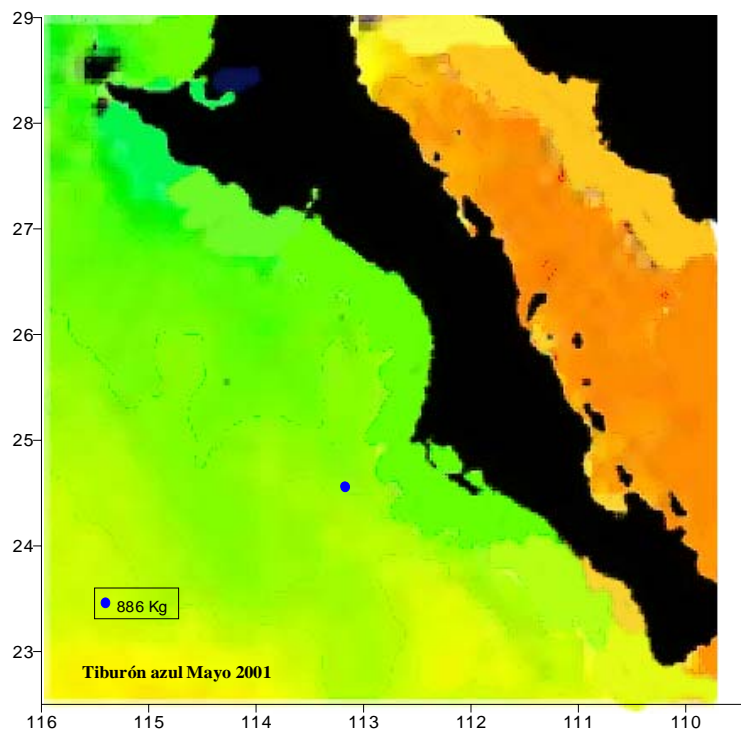


Figura 64. Captura de *Prionace glauca* en Mayo del 2001

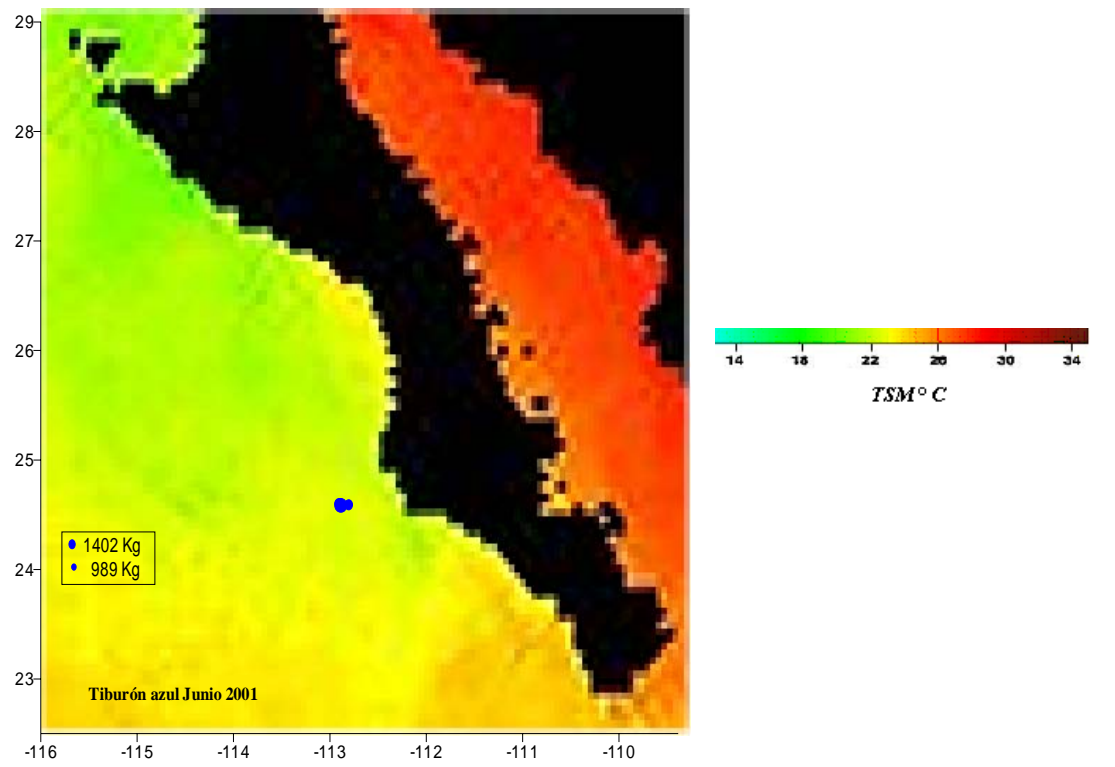


Figura 65. Captura de *Prionace glauca* en Junio 2001

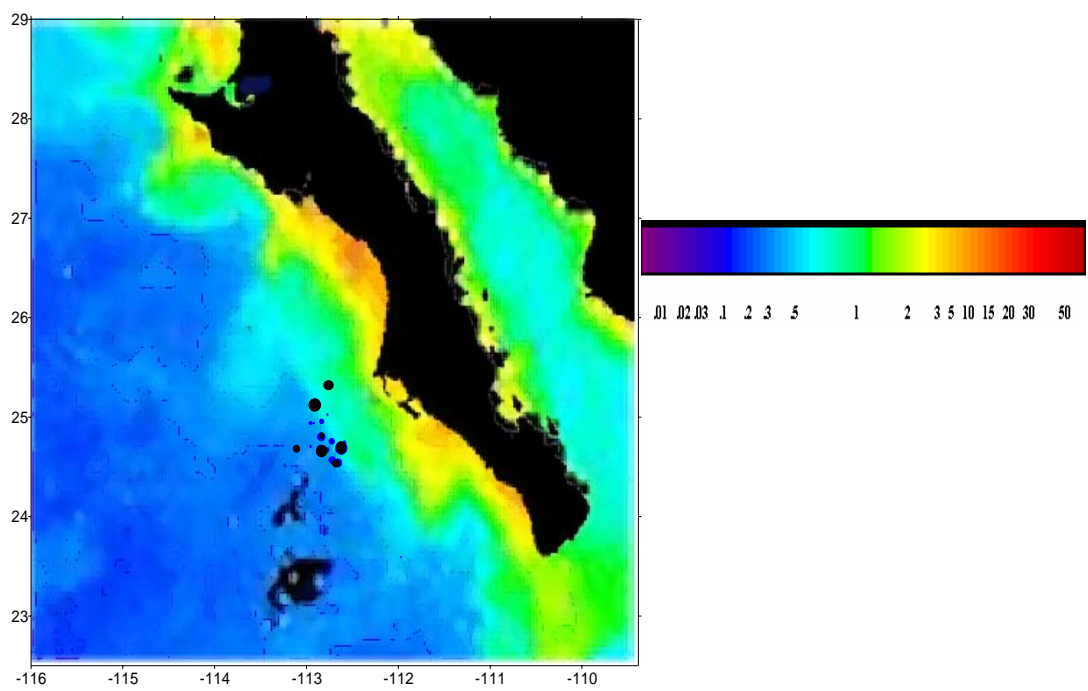


Figura 66. Captura de *Prionace glauca* en Mayo 2000

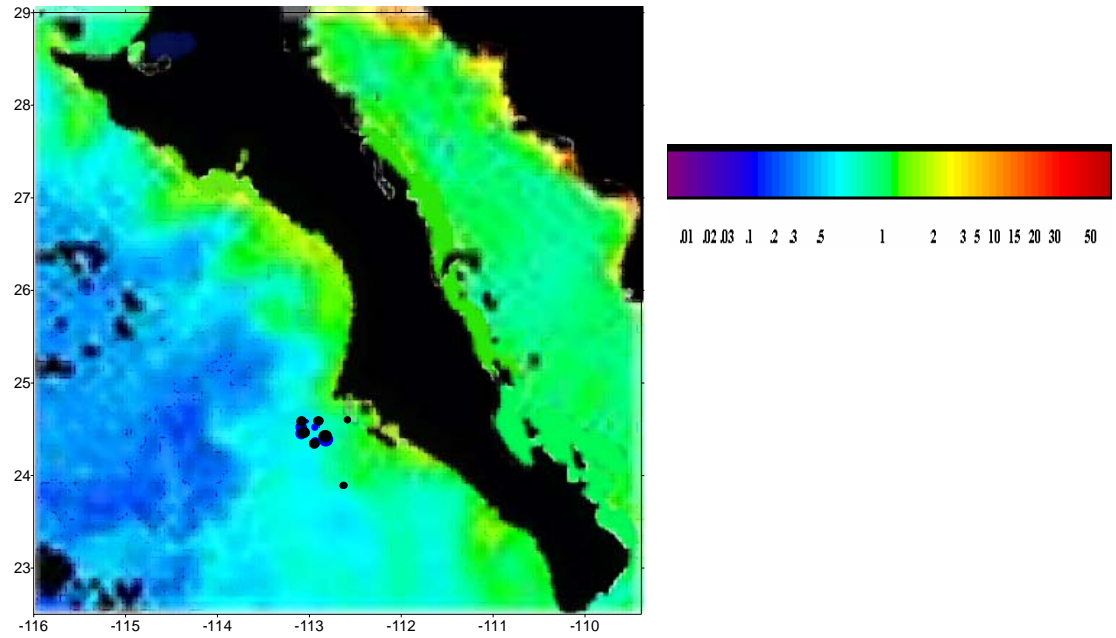


Figura 67. Captura de *Prionace glauca* en Febrero 2001

Tiburón mako, *Isurus oxyrinchus*

La captura del tiburón mako no siguió un patrón claro. El último cuatrimestre de 1996 tuvo dos picos, en Septiembre y Octubre, respectivamente. En 1997 se observó un pico en Enero, cayendo la captura total el resto del año. En Marzo de 1998 se reportó la captura total más alta con poco más de 8 ton, el resto del año la captura fue baja. 1999 fue un año de bajas y nulas capturas. En el 2000 fueron los picos de captura durante los meses de Julio, Agosto, Septiembre. En el 2001 sólo se pescaron 53 Kg en Enero (Fig. 68).

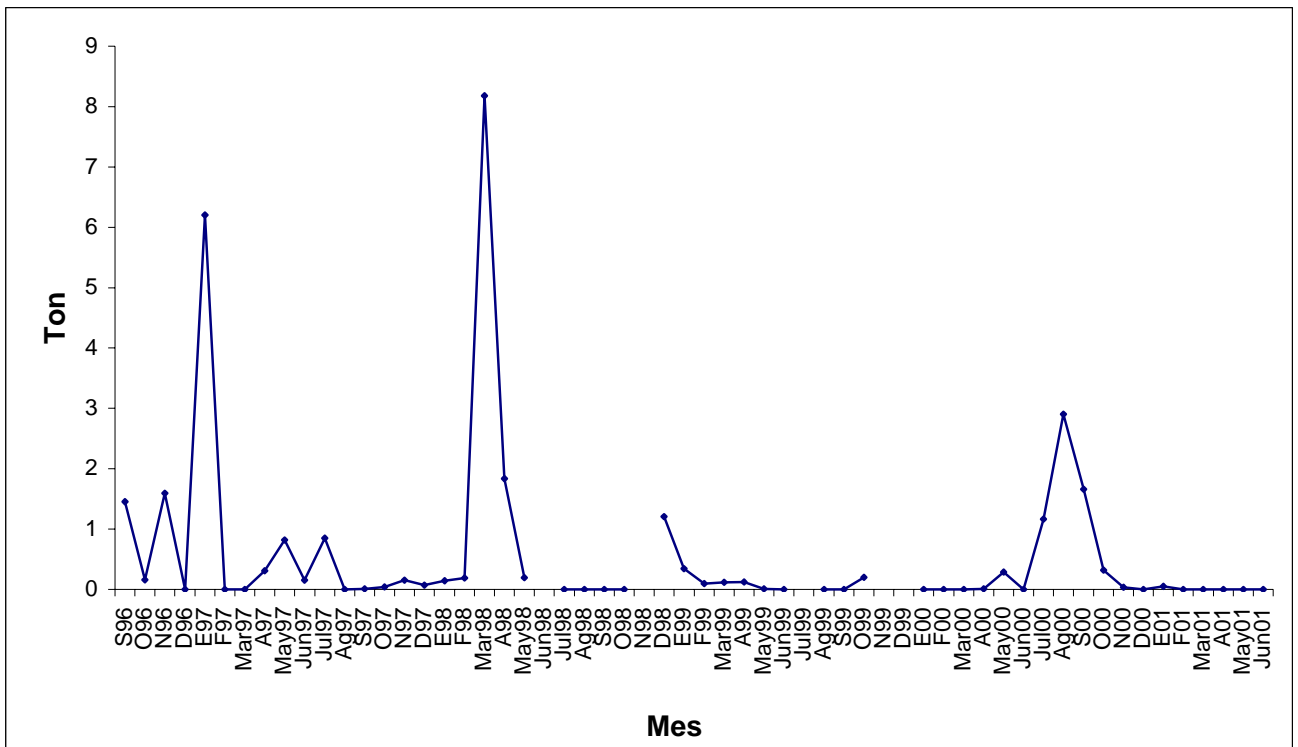


Figura 68 – Captura de *Isurus oxyrinchus* de Septiembre 1996 a Junio del 2001

La captura total de tiburón mako se incrementó de 1996 a 1998 alcanzando un máximo de 11 ton; disminuyó en 1999 repuntando en 2000 con 6 ton para disminuir de nuevo en el 2001 (Fig. 69).

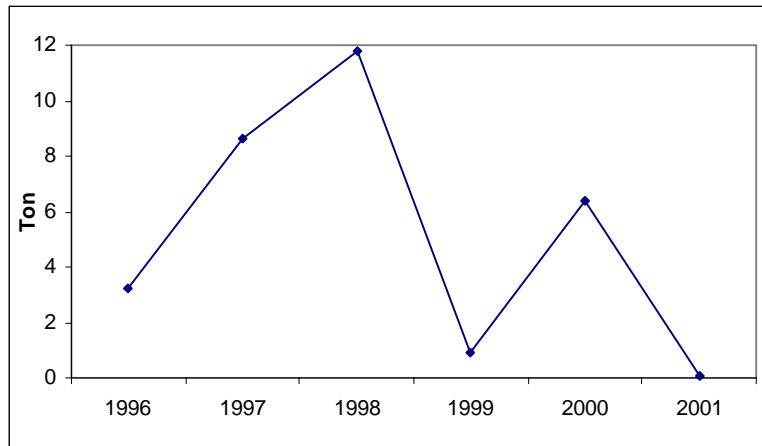


Figura 69. Fluctuación de la captura total de *Isurus oxyrinchus*

La CPUE alcanzó picos máximos en Septiembre y Noviembre de 1996; Enero de 1997; Marzo y Diciembre de 1998; siendo Agosto del 2000 el valor más alto (Fig. 70).

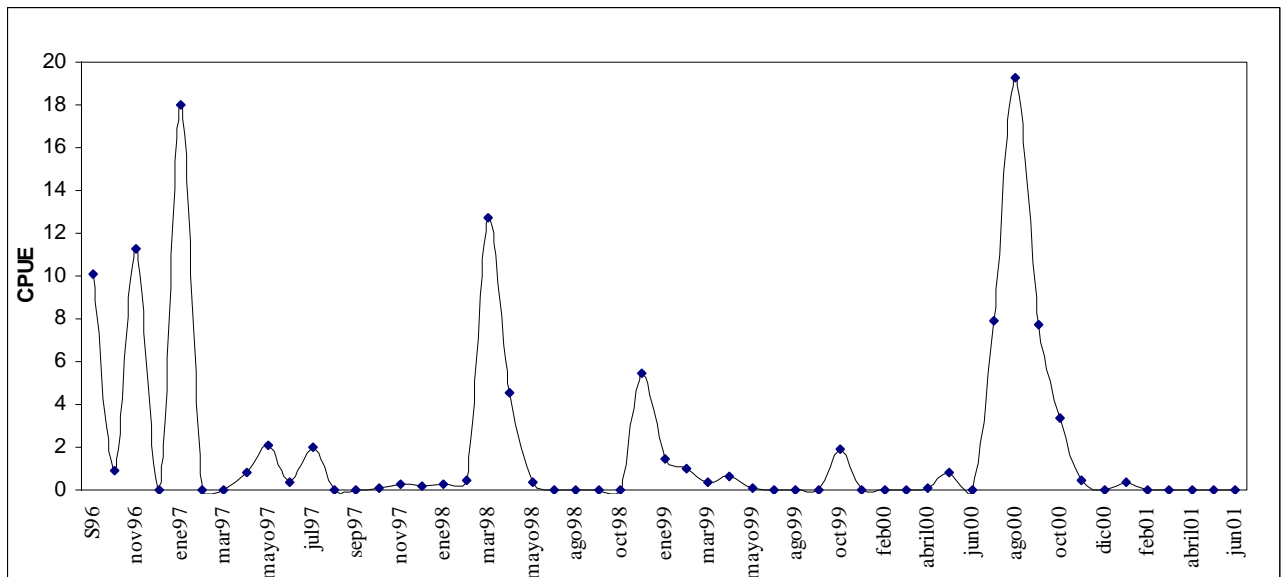


Figura 70. Fluctuación de la CPUE de *Isurus oxyrinchus* 1996-2001

El intervalo de TSM donde se obtuvieron capturas de *Isurus oxyrinchus* fue de los 16 ° C a los 30 ° C coincidiendo las máximas capturas en los 19 ° C y 20 ° C (Fig. 71).

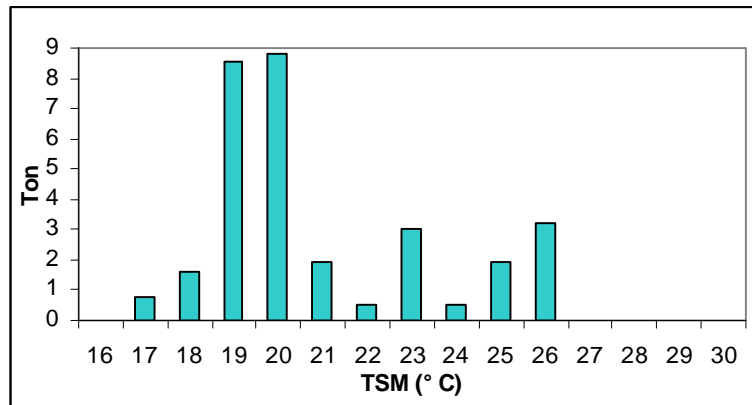


Figura 71. Capturas de *Isurus oxyrinchus* por intervalo de TSM de 1 ° C

Los valores de TSM donde se obtuvieron las CPUE más altas fueron a los 16 ° C y 26 ° C (Tabla 5 y Fig. 72).

| Temperatura °C | CPUE |
|----------------|--------|
| 16 | 2.77 |
| 17 | 41.67 |
| 18 | 93.54 |
| 19 | 465.86 |
| 20 | 795.90 |
| 21 | 152.19 |
| 22 | 28.25 |
| 23 | 259.17 |
| 24 | 136.94 |
| 25 | 350.60 |
| 26 | 670.29 |
| 27 | 0.00 |
| 28 | 0.00 |
| 29 | 0.53 |
| 30 | 0.56 |

Tabla 5 - CPUE de *Isurus oxyrinchus* en los valores de TSM

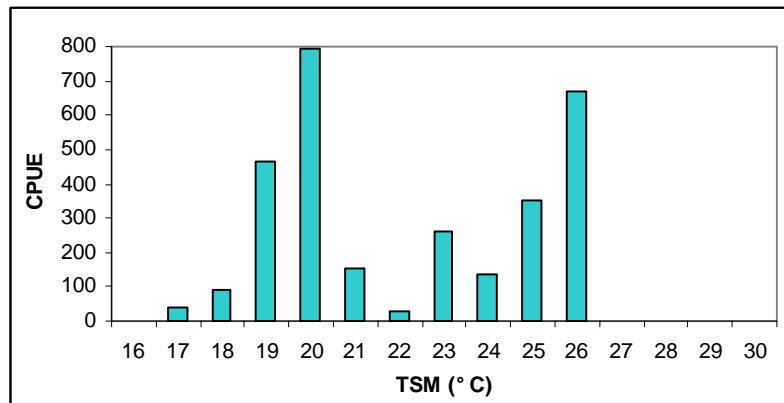


Figura 72. CPUE de *Isurus oxyrinchus* por intervalo de TSM de 1 ° C

La TSM no está relacionada con la CPUE del tiburón mako ($F_{obs} = 0.30 < F_{crítica} = 0.58$). $R = 0.1$ y $R^2 = 0.02$. El intervalo de concentración de clorofila en donde se capturó *Isurus oxyrinchus* varió de 0.1 a 2 mg / m³ (Tabla 6 y Fig. 73)

| □ Clorofila a mg/l | CPUE |
|--------------------|--------|
| 0.1 | 3.58 |
| 0.2 | 12.21 |
| 0.3 | 107.80 |
| 0.4 | 107.80 |
| 0.5 | 370.23 |
| 0.6 | 27.34 |
| 0.7 | 7.87 |
| 0.8 | 0.91 |
| 0.9 | 87.48 |
| 1.5 | 1.20 |
| 2 | 0.53 |

Tabla 6 – CPUE de *Isurus oxyrinchus* en los valores de clorofila a

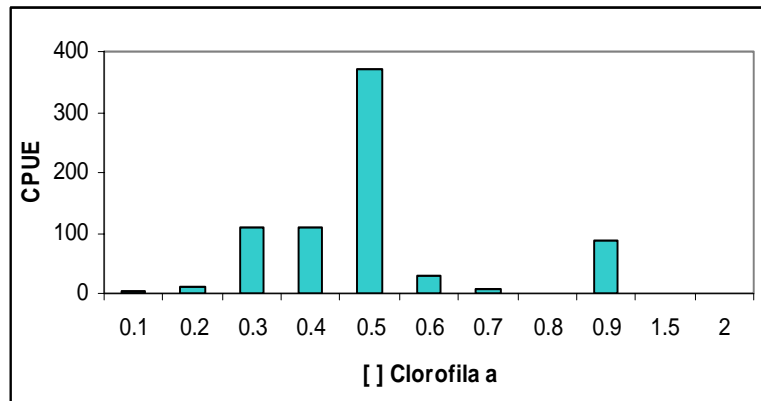


Figura 73. CPUE de *Isurus oxyrinchus* por intervalo de concentración de clorofila a

La profundidad del sitio de lance y la captura del tiburón mako no están significativamente relacionadas. El coeficiente de correlación es muy bajo ($R = 0.1$).

Se presentan a continuación las imágenes de TSM con los lances positivos para el tiburón mako en los meses donde sucedió la mayor captura. En Enero de 1997 la captura se concentró en el cuadrante 8 a TSM de 19°C a 20°C . Marzo de 1998 fue el mes donde se capturó más tiburón mako de todo el periodo de estudio. La mayoría de los lances positivos se ubicaron en el cuadrado 8 y algunos al norte del cuadrado 11, la TSM fluctuó de 19.8°C a 20.3°C . En Diciembre de 1998 las condiciones fueron de 18°C a 19°C y la mayoría de las capturas se concentraron en el cuadrado 8. En la misma zona pero en Agosto del 2000, mes con la mayor CPUE para esta especie, las condiciones de temperatura fueron muy diferentes. La TSM donde hubo lances positivos varió de 24.9°C a 28°C (Fig. 74– 77).

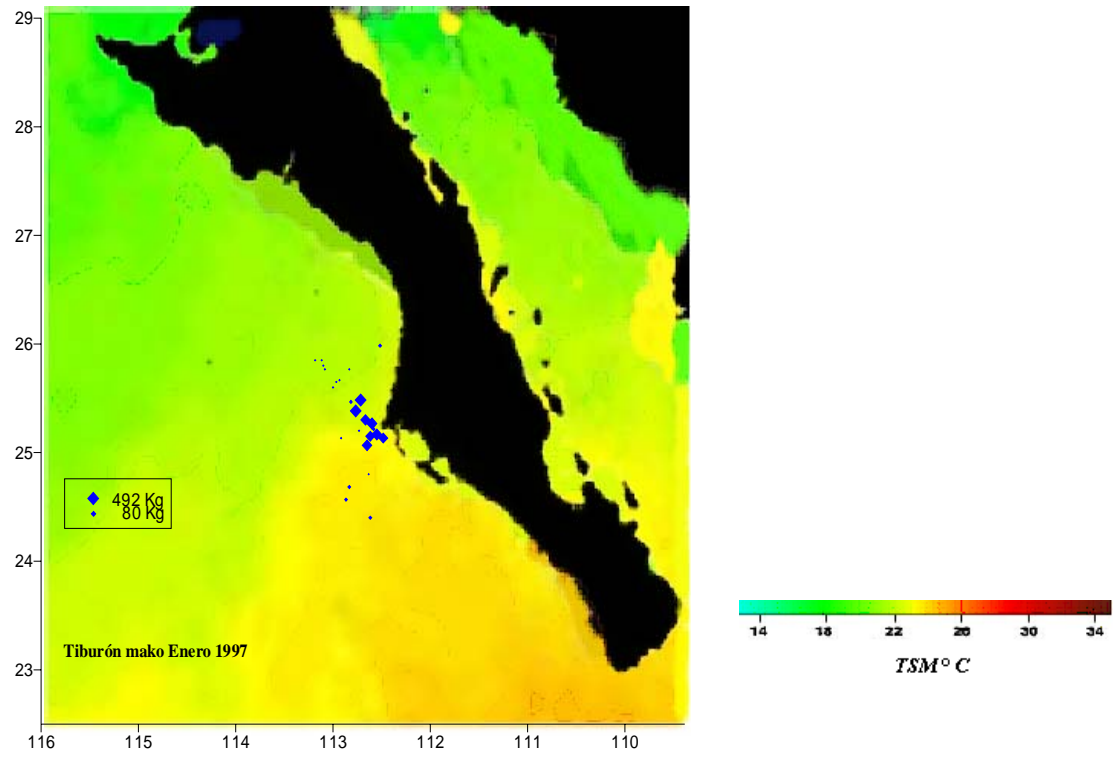


Figura 74. Captura de *Isurus oxyrinchus* en Enero 1997

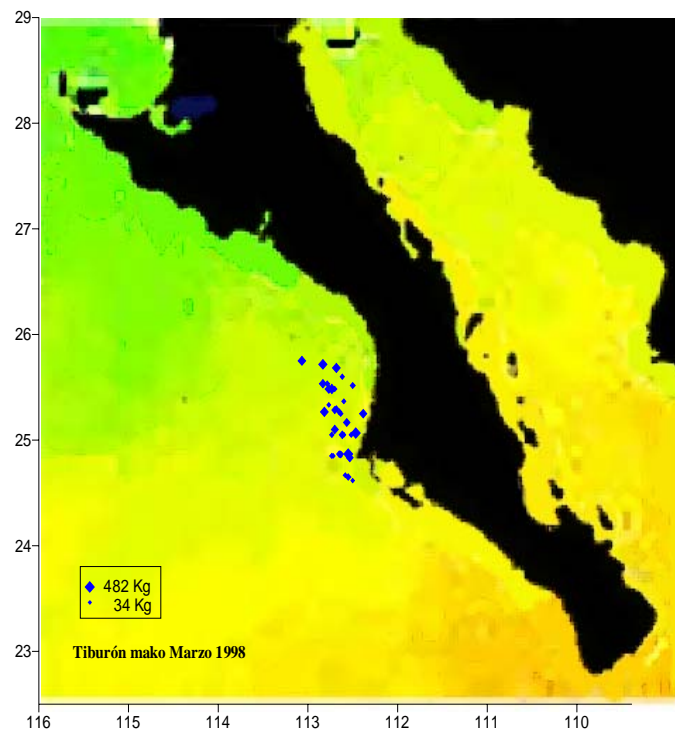


Figura 75. Captura de *Isurus oxyrinchus* en Marzo 1998

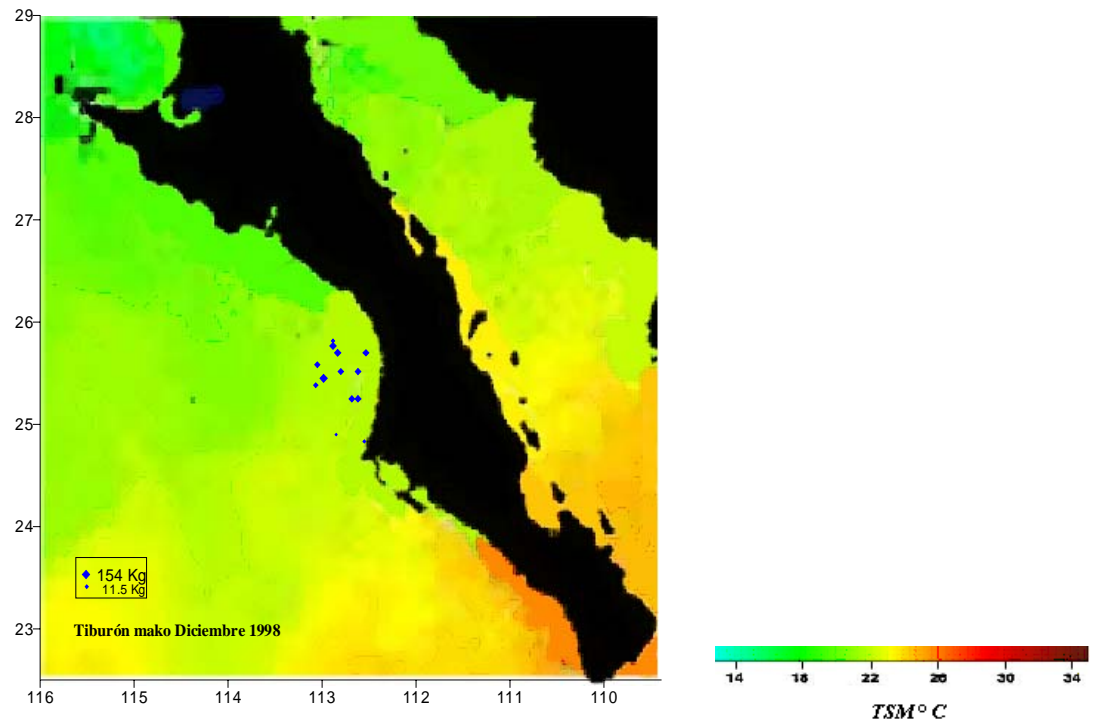


Figura 76. Captura de *Isurus oxyrinchus* en Diciembre 1998

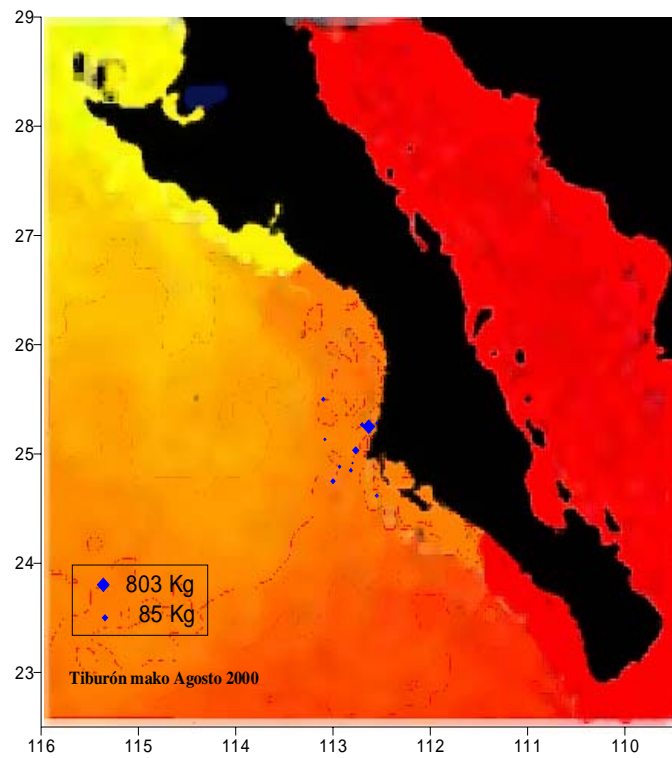


Figura 77. Captura de *Isurus oxyrinchus* en Agosto 2000

Tiburón piloto, *Carcharhinus falciformis*

Este tiburón sólo se capturó a partir de Julio y hasta Diciembre. Alcanzó un pico durante 1997 disminuyendo sus capturas hasta 1999 e incrementándose en el 2000 (Fig. 78).

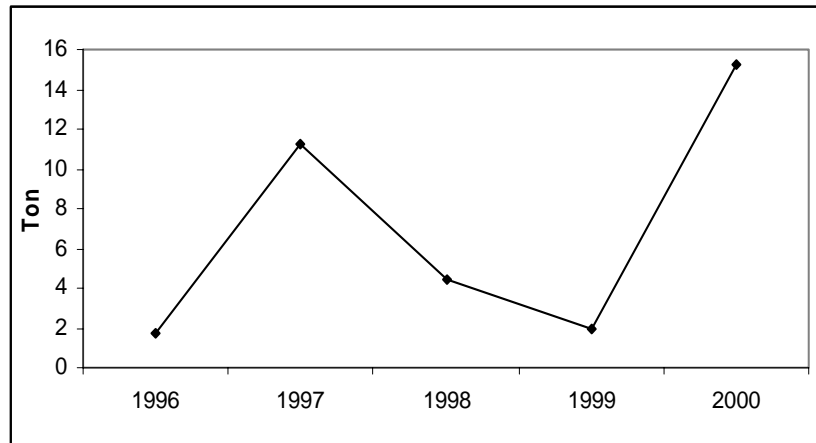


Figura 78. Fluctuación de la captura total de *Carcharhinus falciformis*

En 1996 se capturó en Septiembre disminuyendo su valor hasta Noviembre. En 1997 se comenzó a capturar a partir de Julio, alcanzando picos en Agosto y Septiembre. Agosto de 1998 fue el mes con mayor captura del año, declinando hasta Diciembre. Agosto fue el mes de mayor captura durante 1999. En el 2000 se comenzó a capturar a partir de Julio, siendo Septiembre el mes que presentó la mayor captura durante todo el periodo de estudio (Fig.79)

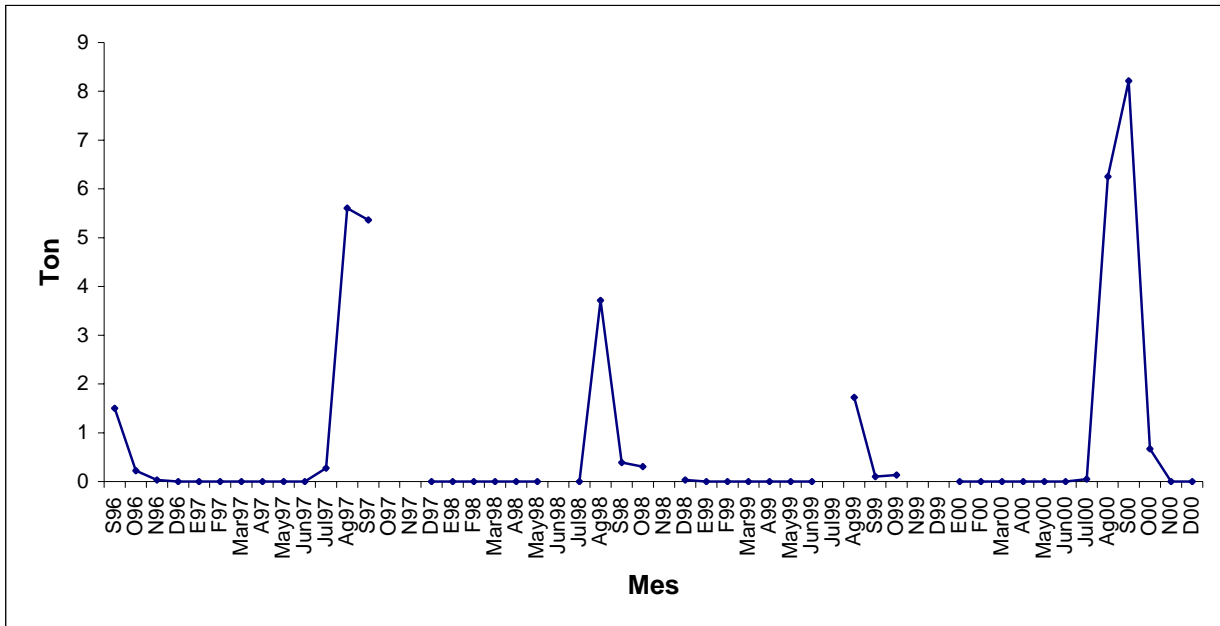


Figura 79 – Captura de *Carcharhinus falciformis* de Septiembre de 1996 a Junio del 2001

El intervalo de TSM donde se obtuvieron capturas de *Carcharhinus falciformis* fue de 18 ° C a 30 ° C, siendo mayor la captura en los 27 ° C y los 29 ° C (Fig. 80).

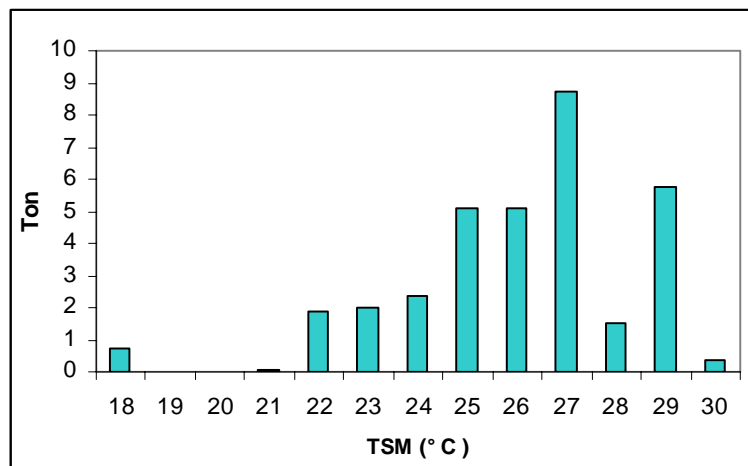


Figura 80. Capturas de *Carcharhinus falciformis* por intervalo de TSM de 1 ° C

Los valores de TSM en la que la CPUE de este tiburón fue más alta, fueron los 25 ° C, 26 ° C y 27 ° C, respectivamente (Tabla 7 y Fig. 81).

| Temperatura ° C | CPUE |
|-----------------|---------|
| 19 | 0.42 |
| 21 | 2.36 |
| 22 | 140.81 |
| 23 | 145.88 |
| 24 | 568.45 |
| 25 | 1269.87 |
| 26 | 1399.51 |
| 27 | 1185.33 |
| 28 | 88.88 |
| 29 | 493.39 |

Tabla 7. CPUE de *Carcharhinus falciformis* en los valores de TSM

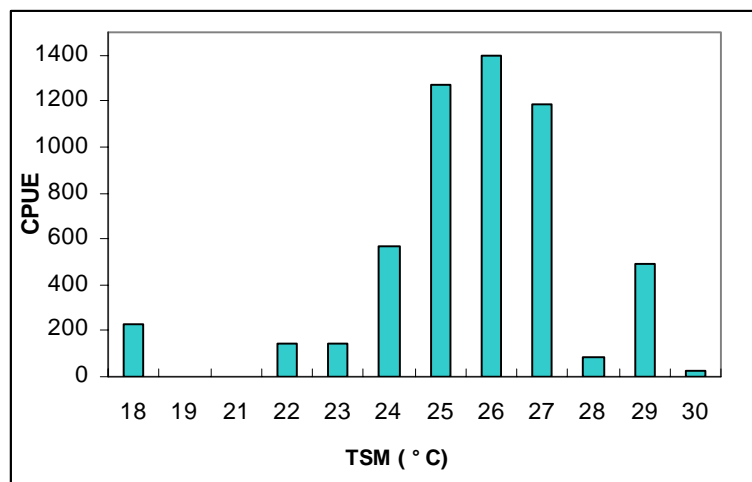


Figura 81 CPUE de *Carcharhinus falciformis* por intervalo de TSM de 1 ° C

La relación de la TSM con la CPUE de *Carcharhinus falciformis* fue significativa ($F_{obs.} = 2.55 > F_{crítica} = .01$); siendo la correlación positiva ($R = 0.49$). El valor de $0.3 \text{ mg} / \text{m}^3$ fue el que coincidió con la captura más alta del tiburón piloto (Tabla 8 y Fig. 82).

| [] Clorofila a mg/l | CPUE |
|----------------------|--------|
| 0.03 | 130 |
| 0.06 | 553 |
| 0.08 | 156 |
| 0.09 | 289 |
| 0.1 | 5676 |
| 0.2 | 2263 |
| 0.3 | 7844 |
| 0.4 | 5247 |
| 0.5 | 4813.5 |
| 0.6 | 2 |
| 0.7 | 1070.5 |
| 1 | 91 |

Tabla 8 – CPUE de *Carcharhinus falciformis* en los valores de clorofila “a”

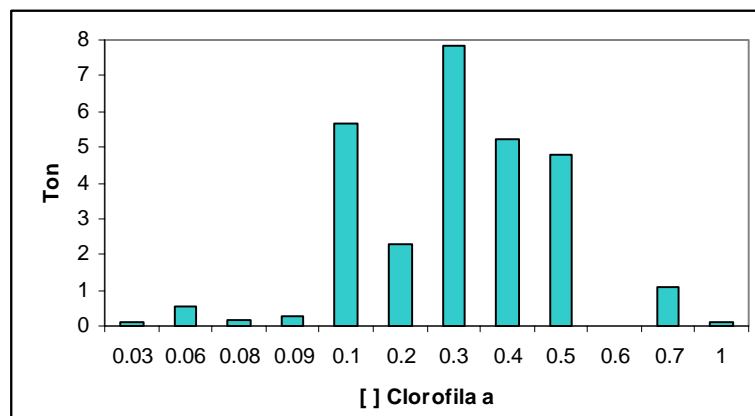


Figura 82. CPUE de *Carcharhinus falciformis* por intervalo de concentración de clorofila a

No existe relación significativa entre la concentración de clorofila y la CPUE de *Carcharhinus falciformis* ($F_{obs.} = 0.05 < F_{crítica} = 0.81$, $R = 0$). No existe relación significativa entre la profundidad del sitio de lance y la CPUE de *Carcharhinus falciformis* ($F_{obs.} = 0.001 < F_{crítica} = 0.9$, $R = 0$).



Se presentan a continuación las imágenes de TSM con los lances positivos para el tiburón piloto en los meses donde sucedió la mayor captura (Fig. 83 – 86).

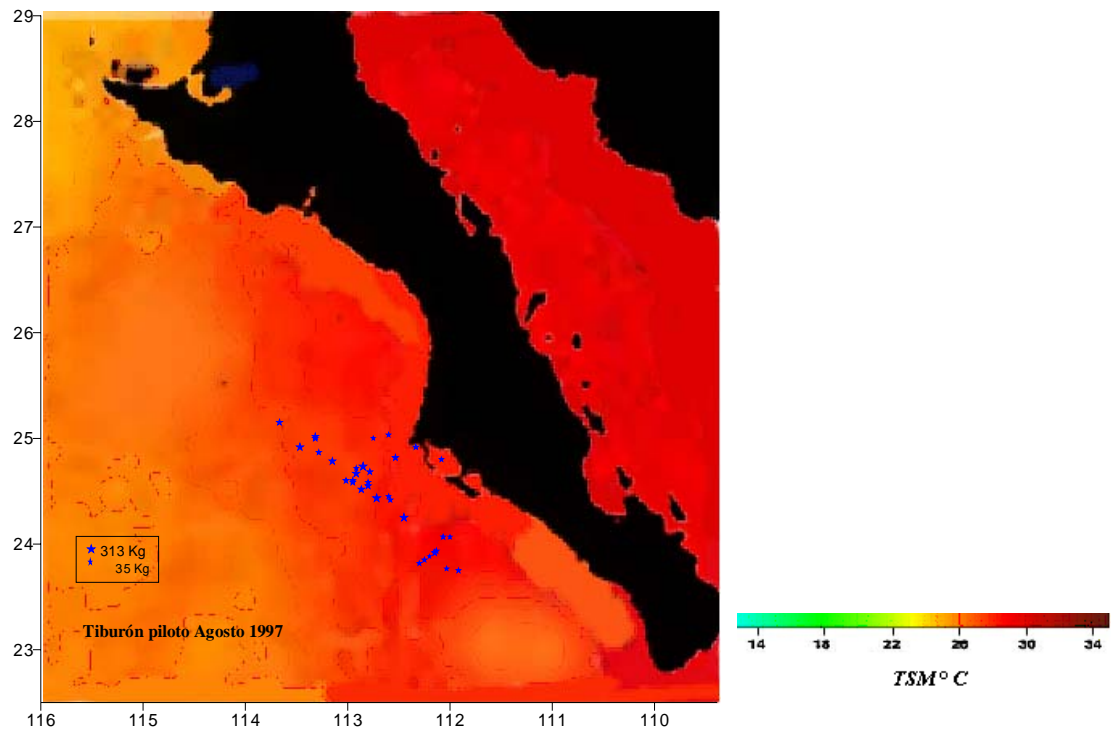


Figura 83. Captura de *Carcharhinus falciformis* en Agosto 1997

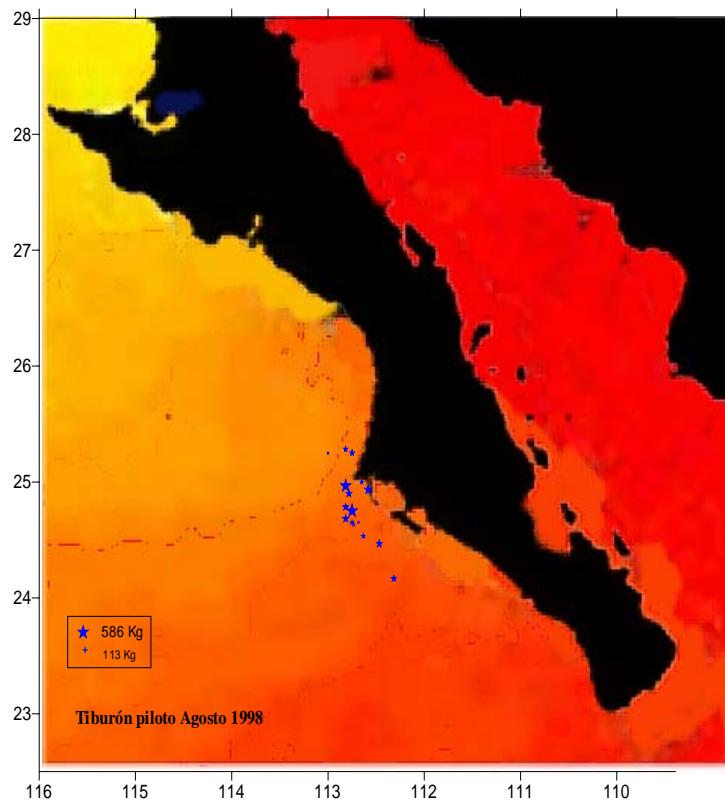


Figura 84. Captura de *Carcharhinus falciformis* en Agosto 1998

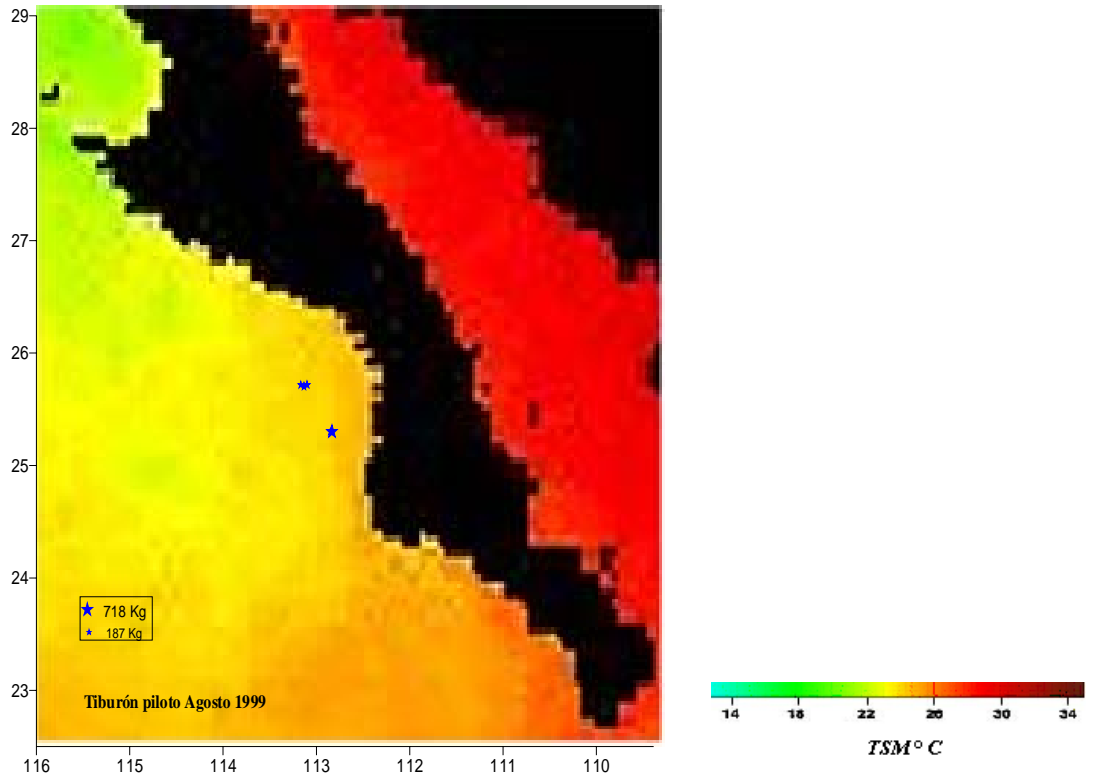


Figura 85. Captura de *Carcharhinus falciformis* en Agosto 1999

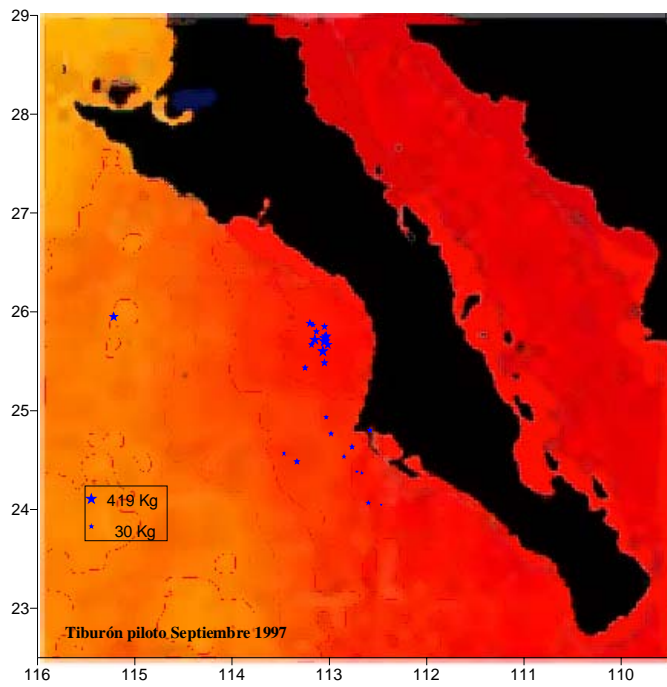


Figura 86. Captura de *Carcharhinus falciformis* en Septiembre 1997

Tiburón zorro, *Alopias pelagicus*.

Debido al poco volumen de captura de este tiburón pelágico no fue objetivo realizar un análisis relativo a la temperatura como indicador. Sin embargo, descriptivamente el tiburón zorro se capturó en meses cálidos, como Septiembre y Octubre de 1996 (Fig.87) y Septiembre de 1997 (Fig.88), Octubre del 2000 y ocasionalmente en Noviembre del 2000.

Tiburón martillo, *Sphyrna zygaena* y Tiburón puntas blancas, *Carcharhinus longimanus*.

Sphyrna zygaena representó sólo el 2% de la captura total. Este tiburón martillo se capturó en Septiembre de 1996 y en poco volumen durante Agosto de 1997. No se documentó durante el resto del periodo de estudio. El tiburón puntas blancas se capturó únicamente en Agosto y Septiembre de 1997. El poco volumen de captura de estos tiburones hace que cualquier análisis espacio temporal sea insuficiente para los objetivos de este trabajo.

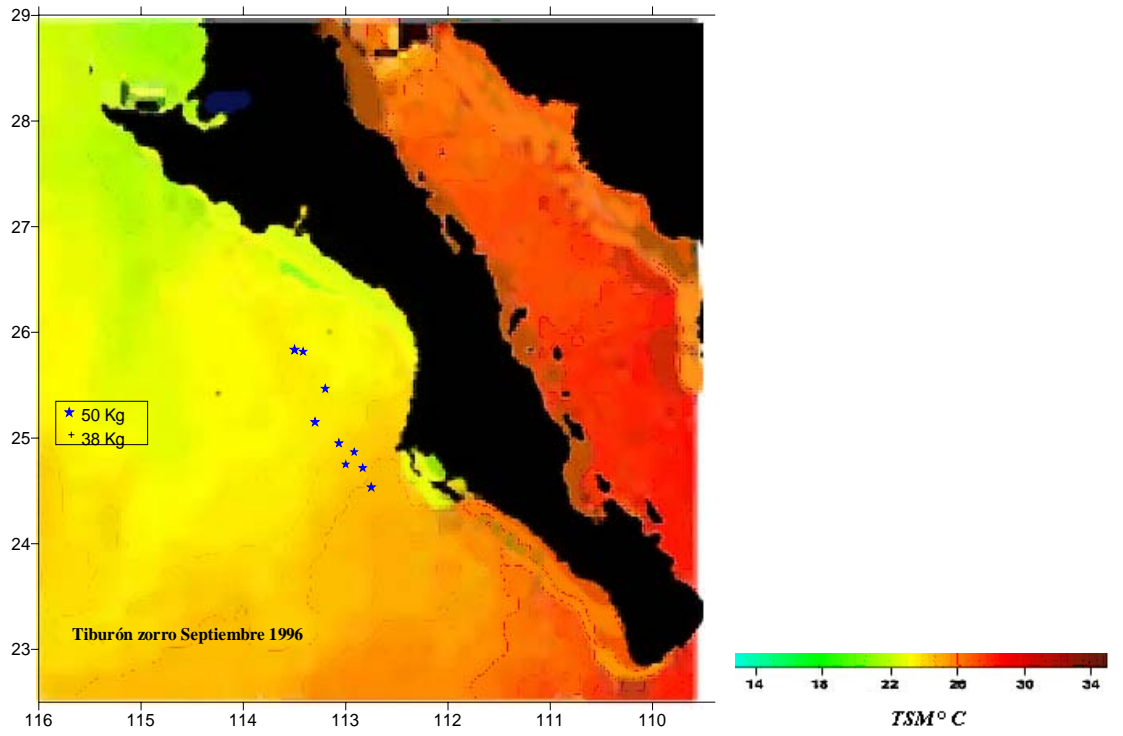


Figura 87. Captura de *Alopias pelagicus* en Septiembre 1996

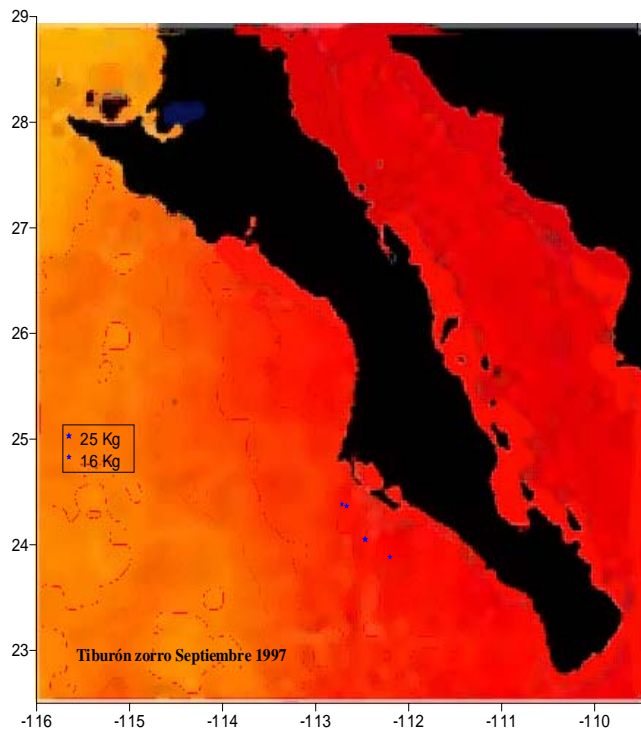


Figura 88. Captura de *Alopias pelagicus* en Septiembre 1997

El tiburón azul *Prionace glauca*, fue la especie principal seguida por el mako *Isurus oxyrinchus*, el tiburón piloto *Carcharhinus falciformis*, el tiburón zorro *Alopias pelagicus* y la cornuda *Sphyrna zygaena*. Las dos primeras especies son las más comunes en las pesquerías pelágicas del Océano Pacífico, el Mediterráneo y el Atlántico (Strasburg, 1959; Harvey, 1989; Buencuerpo *et al.* 1998; Macías y Serna, 2002), además que el tiburón azul es la especie principal de las pesquerías artesanales y de mediana altura en la costa occidental de la Península de Baja California (Sosa – Nishizaky, *et al.* 2002).

El Propermex G-3-G y el Escamero V contribuyeron al 0.46% de capturas totales de tiburón en el Océano Pacífico mexicano y con el 3.23% en Baja California Sur durante el 2000 (SAGARPA, 2000), lo cual significa que la mayor parte de la pesca sobre tiburón en Baja California Sur es artesanal. Es evidente, entonces, que la pesca artesanal tiene mayor repercusión que la dirigida por las embarcaciones de mediana altura, lo que, aunado, resulta en una presión sobre los tiburones tanto en la zona pelágica como costera. En los campamentos pesqueros de la costa occidental de Baja California Sur, la composición específica de la captura coincide con los presentes resultados, siendo en orden de abundancia primero el tiburón azul seguido por el mako y el piloto (Observación personal, 2003).

Se escogió la CPUE como parámetro sujeto a las pruebas estadísticas para asociar a los indicadores ambientales en lugar de la biomasa total. Esto se debió a que la biomasa total se registró por día de manera general, en cambio para calcular la CPUE se tomó en cuenta las horas de remojo.

Debido a que la CPUE se basa en la biomasa registrada, un cambio en el valor no significa necesariamente una diferencia en la abundancia del stock.

Según Gulland (1983), no se puede concluir que existan cambios poblacionales debido a las fluctuaciones en la captura de tiburón de un año a otro. Sin embargo, la tendencia de las capturas totales a partir de 1997 fue a disminuir y aumentaron en el 2000 – 2001, al parecer debido a que las condiciones oceanográficas fueron propicias, principalmente para *Prionace glauca*. Holts, *et al.* (1998) reportaron una disminución de la captura de tiburón en las aguas de California para el mismo periodo.

Desde el punto de vista pesquero ha existido una discusión, ya histórica, entre los que piensan que la CPUE no tiene relación alguna con la abundancia del recurso (Gulland, *op cit.*) y los que asumen que la abundancia es proporcional a la CPUE (Hilborn y Walters, 1992). La CPUE es una medida de abundancia relativa y así tiene que ser tomada en cuenta. Aunque los cambios de sus valores no pueden ser considerados como cambios en la población, en cambio pueden dar una idea de cómo varía la abundancia de los organismos en una zona determinada.

En México se registró una disminución de las capturas de tiburón martillo y tiburón zorro para esta zona y no así para tiburón azul (INP, 2001). Aunque autores como Ramírez (2002) comentan que no existe una sobreexplotación sobre el tiburón azul porque en el 2001 su CPUE fue más alta que en otros años, esa conclusión puede ser errónea debido a la selectividad del palangre. Su abundancia relativa, efectivamente aumentó en el área de estudio durante 2000-2001, pero no se tienen registros sólidos antes de las condiciones de El Niño para comparar la abundancia relativa de esta especie con los picos alcanzados al final de este estudio. Además el tiburón azul, debido a su abundancia, es capturado por tres vías, la pesca de altura en el Océano Pacífico, la pesca de mediana altura como la reportada y la pesca artesanal, por lo cual es difícil establecer su condición real. El potencial biológico o la tasa de renovación anual del *Prionace glauca* en la costa occidental de Baja California Sur es de 27 a 33 crías (Carrera-

Fernández, et al. 2003). Entre los tiburones miembros de la familia Carcharinidae, este potencial biológico es de los más altos por lo que su renovación anual puede considerarse muy productiva entre los elasmobranquios. Esto no significa necesariamente que pueda soportar la presión de una intensa pesquería. Comparado con otros organismos como los atunes que pueden tener una renovación de millones de crías, el potencial biológico del tiburón azul debe considerarse pobre para fungir como un recurso de uso intenso.

¿Es la TSM un indicador ambiental válido sobre la probabilidad de encontrar organismos que realizan migraciones verticales por debajo de la termoclina en ciertas zonas oceánicas? El valor de la TSM no corresponde al valor exacto en el que se mueve el tiburón. Carey y Scharold (1990) reportaron que a TSM de 20 ° C, el valor real de la temperatura donde nadaba un tiburón azul fue de 13 ° C. Es por eso que la TSM sirve de indicador y no debe ser confundida con un dato exacto. Sin embargo la temperatura como cualquier variable física sigue un continuo en el mar hasta la termoclina, por lo que sus valores a profundidad están directamente relacionados con los de la superficie o viceversa (com. pers. Shirasago – Germán, CICIMAR). Este continuo depende de la zona y su climatología (com. pers. Cervantes, CICIMAR). La termoclina no es una barrera física para especies de tiburones como *Prionace glauca* e *Isurus oxyrinchus* (Carey y Scharold, 1990; Casey y Kohler, 1992; Holts, et al. 1993). Estas especies se distribuyen verticalmente desde la superficie hasta grandes profundidades. La termoclina parece ser una barrera física aunque no definitiva para *Carcharhinus falciformis* (Crow, et al. 1996 y Brenes, et al. 2000).

La TSM tuvo una relación significativa con la CPUE para *Prionace glauca*. El tiburón azul es un animal migratorio que ha sido considerado como un depredador veloz que prefiere aguas frías. Sus movimientos horizontales han sido relacionados con TSM bajas (Kotas, 2000) y en periodos cálidos realiza migraciones verticales profundas (Carey y Scharold, 1990; com. pers. Torres

Huerta, 2003.). En el Océano Pacífico, *Prionace glauca* presenta grandes fluctuaciones estacionales en cuanto a abundancia se refiere, relacionadas con un posible patrón migratorio hacia el norte en verano y hacia el sur en invierno (Compagno, 1984).

El análisis de componentes principales aportó una visualización de los datos y permitió establecer un grupo homogéneo para el gradiente ambiental relacionado con la captura de *Prionace glauca*. Aunque estadísticamente la profundidad del sitio de lance no tuvo una relación significativa con la captura, en la técnica de exploración utilizando componentes principales se observa una tendencia general a que las capturas de este tiburón se ubicaran en zonas de profundidad media y alta, de 1400 a 4000 metros. Asimismo se registraron en regiones con TSM fría y templada, 19 ° C a 22 ° C; junto con valores bajos de clorofila a, de 0.1 a 1 mg/l. Esto refuerza las características del tiburón azul tradicionalmente aceptadas, como su condición epipelágica oceánica y su distribución en regiones frías (Compagno, 1984, Harvey, 1989; Brenes, *et al.* 2000; Ramírez, 2002).

La profundidad del sitio de lance no tuvo relación con la captura del tiburón azul. Aunque la distribución de las capturas del tiburón azul sigue una tendencia sobre el límite de la plataforma continental, esto no significa que el tiburón azul se concentre únicamente en esas zonas por la influencia de la isóbata. Este resultado aparente se debe a que la flota tiburonera utiliza precisamente ese límite para distribuir sus lances. Es ahí donde comienza la zona oceánica y se capturan las especies consideradas pelágicas. La pesca fue dirigida al tiburón azul por el valor comercial de sus aletas (Rodríguez, 2002).

En los últimos meses de 1996 la flota capturó tiburón azul hasta cerca de Isla Cedros, quizá se debió a las bajas capturas en el último cuatrimestre de aquel año por lo que los barcos aumentaron el esfuerzo espacial. A lo largo del periodo de

estudio, el esfuerzo fue concentrándose al noroeste de Bahía Magdalena, debido probablemente a la experiencia de los pescadores y a un óptimo intervalo de capturas. Junio de 1997 fue el mes con el valor más alto de captura, los lances positivos se concentraron en una zona templada de 21 – 22 ° C rodeada por aguas cálidas pero la captura decayó de 15 ton a casi 0 en Julio, Agosto y Septiembre de 1997, esto coincide con el periodo más intenso del ENSO 97-98 en esta región (Wolter y Timlin, 1998, Obeso – Nieblas, 2002). Las evidencias de este evento se manifestaron en el Pacífico Ecuatorial durante Marzo de 1997, alcanzando su máxima intensidad en Junio (Mc Phaden, 1999; Sánchez *et al.* 2000). En las costas de Baja California Sur, frente a Bahía Magdalena, El Niño se hizo presente desde Junio de 1997 (Gómez-Gutiérrez *et al.* 1999). Para Agosto de 1997 se pudo observar la invasión de aguas cálidas hasta una latitud de 60° N en coincidencia con las anomalías más altas registradas en esta zona, superiores en 1.2 ° C a las registradas durante el evento de 1982/83. La TSM fue muy alta en comparación a meses anteriores fluctuando de 26 ° C a 29 ° C. Esto provocó que se incrementara el esfuerzo de pesca durante Octubre y Noviembre hasta Isla Cedros, aumentando la captura total pero con una CPUE muy baja. El fenómeno de El Niño es el responsable del incremento de la contracorriente ecuatorial con la cual se intensifica la lengua de agua cálida que viaja hacia el norte a lo largo de las costas de América y trajo consigo aguas con características del Pacífico Ecuatorial a la región del noroeste de la República Mexicana durante 1997 –1998 (Obeso –Nieblas, 2002).

De Diciembre de 1997 a Abril de 1998 la temperatura bajó y los lances positivos fueron acumulándose en la región de los 21 ° C. De Noviembre de 1997 a Enero de 1998 la zona se encontraba aún bajo la influencia de la onda cálida aunque se registró una disminución en las temperaturas superficiales provocadas por el cambio climático estacional. Las anomalías positivas en la zona disminuyeron a partir de septiembre de 1998 lo cual indicó un período de relajación que culminó con la llegada del evento La Niña en 1999 (Lavaniegos-Espejo *et al.* 2000).

En Mayo sucedió el máximo de captura de tiburón azul para 1998, las TSM fueron muy bajas con un rango de 18 ° C – 20 ° C, mientras que en Julio y Agosto de 1998 hubo un incremento muy alto de la TSM, alcanzando hasta 28 ° C, lo que coincide con la segunda parte del fenómeno de El Niño 97-98 (Ortega-García, *et al.*, 2000). La CPUE declinó abruptamente el resto del año.

El año de capturas bajas y menor esfuerzo fue 1999. Este año fue considerado de condiciones La Niña (Leonard, *et al.*, 2000) que presentó en el primer semestre TSM de 16 ° C a 18 ° C. De Enero a Mayo la TSM fue disminuyendo y la captura tendió a aumentar aunque su valor fue bajo. En Agosto y Septiembre las condiciones cálidas retornaron al sur de Bahía Magdalena pero la captura de tiburón azul fue nula o escasa. Esto podría deberse al bajo esfuerzo de pesca junto con la ausencia de los tiburones que probablemente cambiaron sus zonas de migración, esperando que se reestablecieran condiciones “normales”. Esta última especulación no puede ser comprobada mediante los datos analizados en este estudio.

El año 2000 se caracterizó por un aumento en las capturas con respecto a 1999. En Enero se alcanzó un pico de capturas en la región de los 19 - 20 ° C, la captura disminuye los siguientes tres meses junto con la TSM que fluctúa de los 17 ° C a los 18 ° C. En Mayo, Junio y Julio la TSM vuelve a subir de 18 ° C a 23 ° y aunque las capturas totales permanecieron constantes, la CPUE fue alta. En Agosto del 2000 la captura disminuyó significativamente, la TSM fluctuó en este mes de 25 ° C a 27 ° C. Es hasta Noviembre y Diciembre que la captura aumentó y los lances se distribuyeron cerca de la zona de transición termal. Aunque en algunos meses del estudio se concentraron las capturas en estos frentes, las observaciones no son suficientes para determinar si los tiburones se concentran ahí, debido a que se requieren series de tiempo mayores. La dificultad para demostrar que estas zonas son buenas indicadores de su presencia aumenta

pues en el periodo de estudio se interpusieron condiciones oceanográficas anómalas, como El Niño – La Niña.

En Enero del 2001 se registró la máxima captura total de tiburón azul en el semestre. Los lances se concentraron en un gradiente latitudinal a TSM de 20 ° C a 21 ° C. De Febrero a Abril del 2001 la temperatura bajó hasta los 18 ° C y la captura disminuyó incrementándose en Junio al oeste de Bahía Magdalena coincidiendo con la TSM de 20.7° C.

Estos resultados indican que el tanto El Niño 1997 /98 como La Niña 1999 influyeron negativamente en la captura de *Prionace glauca*. Es hasta principios del 2000 donde se observan picos tan altos como los registrados en 1996 lo que concuerda con condiciones oceanográficas “normales”.

El tiburón azul es un animal migratorio que ha sido considerado como un veloz depredador que prefiere aguas frías. Sus movimientos horizontales han sido relacionados con TSM bajas (Kotas, 2000) y en periodos cálidos realiza migraciones verticales profundas (Carey, y Scharold 1990). El tiburón azul estudiado en Cabo Hatteras en el Océano Atlántico frecuentemente hace excursiones verticales entre la superficie y profundidades de 200 a 400 metros, realizando migraciones verticales diurnas y manteniéndose en la capa de mezcla durante la noche. Este comportamiento no se observó en verano donde los tiburones se mantuvieron en los primeros 10 m y casi nunca bucearon más de 15 m de profundidad (Carey y Scharold, 1990). Para la misma especie pero en las cercanías de la Isla Santa Catalina en el Pacífico Oriental, se ha reportado que sus movimientos verticales no rebasan la capa de mezcla (Sciarrotta y Nelson, 1977).

El tiburón azul es considerado heterotérmico o poiquiloterma, es decir, no tiene especializaciones obvias para conservar el calor metabólico y elevar su

temperatura corporal (Carey y Scharold, 1990 y Nelson, 1990). Carey y Scharold (1990) aseguran que la temperatura superficial tiene una relación pequeña con las temperaturas que experimenta en la realidad el tiburón. La TSM puede ser importante para funciones reproductivas o distribución de presas más que un límite fisiológico. Esto es debido a que, aunque se ha reportado que el tiburón azul tolera temperaturas de 7 ° C hasta 26 ° C su temperatura muscular está restringida al intervalo de 21 ° C a 14 ° C debido a que el músculo se calienta más rápido de lo que se enfría. Esta característica, llamada histeresis térmica, permite al tiburón permanecer significativamente más cálido que el agua circundante por varias horas en la profundidad y volverse a calentar rápidamente cuando sube a la superficie (Carey y Scharold, 1990), lo cual significa que, a pesar de sus inmersiones, la mayor parte del tiempo lo debe de pasar cerca de la superficie. Por lo tanto, la relación de la TSM con su distribución horizontal, aunque no explica en su totalidad los movimientos del pez, es un indicador válido que aumenta la probabilidad de encuentro.

La captura del tiburón mako, *Isurus oxyrinchus*, no siguió un patrón claro con las condiciones oceanográficas estudiadas. En el último cuatrimestre de 1996 tuvo dos picos, en Septiembre y Octubre, respectivamente. En 1997 se observó un pico en Enero, cayendo la captura total el resto del año. En Marzo de 1998 se reportó la captura total más alta, el resto del año la captura fue baja. 1999 fue un año de bajas y nulas capturas. En el 2000 se dieron los picos de captura durante los meses de Julio, Agosto, Septiembre. En el 2001 sólo se capturó biomasa mínima en Enero. El intervalo de TSM donde se obtuvieron capturas fue de los 16 ° C a los 30 ° C coincidiendo las máximas capturas en los 19 ° C y 20 ° C. Esto es un rango muy amplio y los valores pueden sobrestimarse debido a la CPUE y la falta de una serie consecuente espacio temporal.

A primera instancia parece que El Niño afectó negativamente las capturas del mako, sin embargo los picos de Marzo y Abril de 1998 sugieren que sólo el periodo más cálido de este pudo ser significativo. Durante La Niña 1999 se

registró captura. Pero son en las condiciones "normales" de 1996 y el verano del 2000 donde se dieron los picos más altos. No existen estudios acerca de la migración de *Isurus oxyrinchus* en la costa occidental de Baja California Sur. Se necesitan series de tiempo más largas para definir con seguridad los patrones de distribución del mako y su variabilidad respecto a fenómenos oceanográficos en esta zona.

A pesar de que autores como Rodríguez (2002) sugieren que la captura de tiburón mako en la costa occidental de Baja California Sur puede estar ligada a temperaturas frías, la TSM no fue un indicador válido para la probabilidad de encontrar tiburón mako. Esto puede deberse a dos razones: El tiburón mako posee redes vasculares especializadas llamadas *retia mirabilia* que le permite una retención metabólica de calor. Bernal *et al.* (2001) reportaron que los rangos de ganancia de calor muscular son significativamente más elevados que los rangos de pérdida de calor cuando el mako se sumerge. Esta característica es propia de otras especies de la familia Lamnidae como el tiburón blanco, *Carcharodon carcharias*. Debido a esto, el rango de movimientos verticales de esta especie es mayor y sus movimientos horizontales muy rápidos, pueden alcanzar velocidades de nado cerca de los 90 km / h (Cleave, 1994); lo que disminuye la probabilidad de encuentro y desfavorece las claves ambientales que pueden servir como indicadores. Para tiburones de la familia Lamnidae, la TSM es un pobre indicador de la temperatura ambiental donde estos tiburones pueden distribuirse (Campana y Joyce, 2004). Otra razón probable es que este tiburón parece preferir mayor profundidad y se acerca poco a la superficie. Carey *et al.* (1981) reportaron que *Isurus oxyrinchus* realiza numerosas migraciones verticales mayores a los 400 m y raramente se aventura sobre los 100 m, posiblemente evitando la zona superior cálida de la capa de mezcla.

El tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* sólo se capturó a partir de Julio y hasta Diciembre, lo que coincide con su migración hacia las costas de Baja

California Sur. Alcanzó un pico durante 1997 disminuyendo sus capturas hasta 1999, repuntó en el 2000. Debido a su época de migración hacia la zona la TSM resultó un indicador válido para su presencia. Los valores en la que la CPUE de este tiburón fue más alta fueron los 25 ° C, 26 ° C y 27 ° C, respectivamente, esto datos coinciden con los reportados por Crow (1996) para las aguas hawaianas donde se capturaron a los 26.8 ° C y 27 ° C con la termoclina localizada entre los 30 y 40 m de profundidad. El fenómeno de La Niña 1999 influyó negativamente en la captura de *Carcharhinus falciformis* debido a la baja TSM respecto a los años anteriores. En Agosto de 1999 la captura en el cuadrante 8 sucedió en el valor de 22 ° C, temperatura baja respecto a la de 1998, donde la captura en el mismo cuadrante se dio en el valor de los 27.5 ° C y en 1997 la captura fue relacionada con el valor de los 29.6 ° C en un punto álgido de El Niño. No se tienen datos suficientes para determinar como influye El Niño en la abundancia de esta especie porque la serie de tiempo no es larga. En el cuadrante 8, durante Agosto del 2000, se capturó el volumen más alto en los valores de 24.6 ° C. Este año considerado como "normal" puede darnos una idea de la abundancia de *Carcharhinus falciformis* pero se requieren datos anteriores a 1997 y posteriores al 2000.

Carcharhinus falciformis es un tiburón epipelágico que no realiza migraciones verticales profundas. Crow *et al.* (1996) reportaron que la profundidad a la cual se capturaba este tiburón raramente excedió los 40 m. Esto aporta eficacia a la TSM como indicador para esta especie.

Debido a los escasos lances positivos para tiburón zorro *Alopias pelagicus*, tiburón martillo *Sphyrna zygaena* y tiburón puntas blancas, *Carcharhinus longimanus*; no se puede discutir ningún gradiente ambiental relacionado con sus capturas.

La PDO (Oscilación decadal del Pacífico) sufrió un cambio repentino en 1998. Las anomalías se tornaron negativas y al comienzo de 2001 volvieron a

cero. Esto, presumiblemente, indicó un cambio de régimen en el Océano Pacífico, situando la transición de la fase positiva a la fase negativa en 1999. Cuando la fase negativa de la PDO se combina con La Niña, la Oscilación refuerza los efectos de sus condiciones. Debido a esto, sólo se pueden tener 'verdaderas' condiciones La Niña cuando la fase negativa de la PDO realza estos eventos. De otra manera sus señales serían débiles (Hare y Mantua, 2000). Esta transición de baja frecuencia sucedió al mismo tiempo que las condiciones La Niña, fenómeno que incidió en la CPUE de *Prionace glauca* y *Carcharhinus falciformis*. Por lo tanto, aunque los efectos del cambio de régimen sobre la abundancia relativa de estos tiburones aún no pueden ser determinados por la escala temporal que presentan; desde el punto de vista oceanográfico la fase negativa del PDO refuerza la validez de considerar como 'La Niña' al periodo comprendido entre Noviembre de 1998 a Julio de 1999, época en que decayó la captura.

Debido a su posición en las cadenas alimenticias marinas, se da por descartado automáticamente que la presencia de tiburones en una zona no está relacionada con la alta productividad primaria que esta presenta. Sin embargo, también se asume que en zonas de alta productividad se concentran depredadores tope. Hasta la fecha no se ha establecido si en estas áreas se concentran los tiburones para alimentarse o si hay un desfase espacio temporal desde la producción primaria hasta los depredadores tope que impida relacionarlos en forma directa.

Tradicionalmente se ha pensado que grandes peces pelágicos de importancia comercial como los tiburones tienden a responder al incremento en la concentración de alimentos u otras condiciones favorables agregándose en regiones frontales (Power y Nelson, 1991; Klimley y Butler, 1988 y Campana y Joyce, 2004).

Ningún tiburón en este estudio presentó en sus capturas relación alguna con la concentración de clorofila. Los valores en las zonas de captura fueron de muy baja productividad primaria relacionados con el ambiente pelágico. Asimismo el máximo de clorofila durante el verano se encuentra cerca de la termoclina y no en superficie por lo que la concentración medida por medio de sensores remotos no puede ser un indicador fiable de un probable desfase. Aunque no es posible concluir que se debe a un desfase, la alimentación de estas especies en la zona no concuerda con las zonas de concentración fitoplanctónica. Bravo Quezada (com. pers. CICIMAR, IPN) estudió la alimentación de *Prionace glauca* en la costa occidental de Baja California Sur encontrando que su alimento principal son los cefalópodos como *Ancistrocheirus lesueurii*, *Vampyroteuthis infernalis*, *Argonauta* sp; especies que tienen una distribución vertical profunda. Esta especie de tiburón también se alimenta en gran número de langostilla *Pleuroncodes planipes* principalmente en primavera.

Velasco Tarelo (com. pers. CICIMAR, IPN) estudió la alimentación del tiburón mako, *Isurus oxyrinchus* en la costa occidental de Baja California Sur encontrando que su alimento principal son peces bentónicos y escómbridos en tiburones juveniles; mientras que los adultos consumen peces pelágicos y cefalópodos como *Dosidicus gigas*.

Cabrera (2003) estudió la alimentación de *Carcharhinus falciformis* en la costa occidental de Baja California Sur, encontrando que su alimento principal fue *Pleuroncodes planipes* asociando su abundancia en la época donde migran.

Estos datos parecen confirmar la dificultad de establecer un desfase espacio temporal entre su alimentación y la productividad ya la presencia de estas especies de tiburón parece no estar relacionada con alta productividad primaria.

Pleuroncodes planipes parece ser un alimento importante para *Prionace glauca* y *Carcharhinus falciformis*. Este crustáceo presenta picos de abundancia durante Invierno- Primavera y disminuye en Verano – Otoño frente a la costa occidental de Baja California Sur. En el periodo frío la langostilla se dispersa por toda la plataforma continental, invadiendo incluso los cuerpos de agua lagunares mientras que en periodos cálidos la langostilla se retrae y abandona una gran parte de la plataforma, internándose en el talud. (Aurióles- Gamboa y Balart, 1995). *Prionace glauca* parece aprovechar la gran abundancia de *Pleuroncodes planipes* en las épocas frías. Como otra estrategia, *Carcharhinus falciformis* aprovecha la regresión de la langostilla en el sentido que esta incrementa la biomasa de algunos parches o zonas de distribución (Aurióles- Gamboa y Balart, 1995.).

Las claves que pueden servir de indicadores para la presencia de los tiburones deben ir más allá de datos superficiales que pueden funcionar para diferentes animales como el atún (Trigueros, 2003). Los tiburones siguen patrones migratorios de acuerdo a la temperatura pero también a los campos magnéticos terrestres (Carey y Scharold, 1990), la reproducción y el alimento (Castro-Aguirre, 1983).

La TSM resulta un indicador válido para el tiburón azul y el tiburón piloto; sin embargo se deben corroborar con series de tiempo más largas y datos pesqueros que vayan más allá de la simple biomasa que sólo aporta parámetros de abundancia relativa. Tallas y sexos servirán para encontrar relaciones y posibles argumentos sobre las causas migratorias. Estos indicadores pueden servir para proporcionar características de futuras condiciones propicias para la conservación de los tiburones. Hasta la fecha impera un gran prejuicio en torno a estos organismos y México se ha visto en un debate sobre la regulación de su captura. A algunos investigadores parece preocuparles más el punto de vista económico como recurso que su situación biológica. Así como en la actualidad se protege al

delfín o la tortuga en un futuro inmediato deberá protegerse al tiburón como grupo zoológico debido a su importancia en los ecosistemas marinos. Debido a que las interacciones tróficas son radiales y no lineales si estos organismos disminuyen o desaparecen pueden afectar nichos primordiales del ecosistema (Kitchell, *et al.* 1999).

Estudios científicos como el presente, enfocados a gradientes ambientales deben contribuir a un nuevo enfoque de investigación en México; en el cual los indicadores ambientales sirvan para establecer áreas y periodos de protección a estas especies.

Isurus oxyrinchus en la costa occidental de Baja California Sur con la concentración de pigmentos fotosintéticos debido a su condición oceánica.

Existe una relación entre la disponibilidad de captura de *Carcharhinus falciformis* en la costa occidental de Baja California Sur con la temperatura superficial del mar. Los valores de 24 ° C a 27 ° C de TSM pueden ser buenos indicadores de la probabilidad de encuentro con esta especie.

No existe una relación significativa entre la disponibilidad de captura de *Carcharhinus falciformis* en la costa occidental de Baja California Sur con la concentración de pigmentos fotosintéticos.

La temperatura superficial del mar es un indicador significativo sobre la CPUE de *Prionace glauca* y *Carcharhinus falciformis* en las aguas cercanas a la costa occidental de Baja California Sur.

La concentración de pigmentos fotosintéticos no es un indicador significativo sobre la CPUE de las especies de tiburones pelágicos capturados la costa occidental de Baja California Sur.

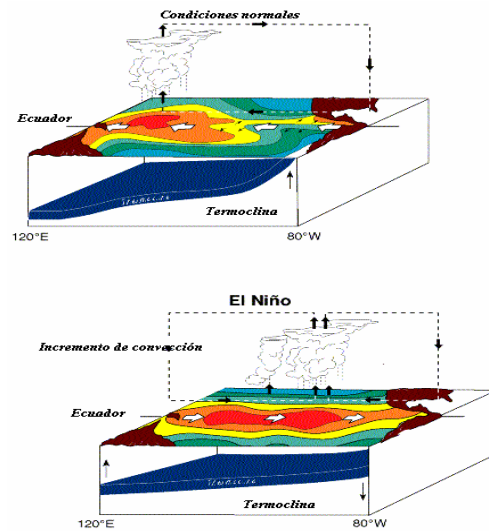


Figura 89 - Diagrama esquemático del Océano Pacífico en condiciones "normales" y "El Niño"

ÍNDICE DE LA OSCILACIÓN DEL SUR

Se ha descubierto que el cíclico calentamiento y enfriamiento de las aguas del Pacífico oriental y central deja su marca distintiva sobre la presión del nivel del mar. En particular, cuando la presión medida en la Isla de Darwin es comparada con la presión medida en Tahití. La diferencia entre ambas puede ser usada para generar un número "índice". Cuando este número es positivo, tenemos a una La Niña o enfriamiento del océano. Pero cuando el número es negativo, tenemos un evento El Niño o calentamiento de las aguas. Este índice refleja una variación interanual de la presión atmosférica al nivel del mar entre los hemisferios oriental y occidental (<http://www.elnino.cicese.mx/glosario.htm>). (Fig. 90).

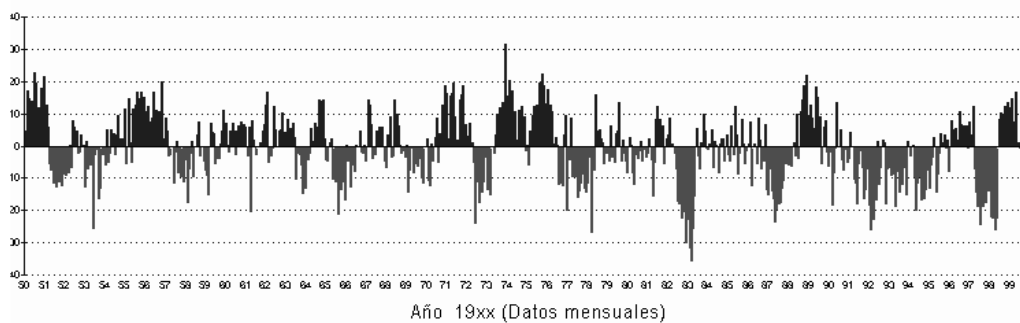


Figura 90 – Índice de la Oscilación del Sur (1950 – 1999)

EL NIÑO

El fenómeno del niño es la componente oceánica del ENSO y se define como el calentamiento de la superficie del Océano Pacífico central y oriental.

Los eventos “El Niño” ocurren irregularmente a intervalos de 2 a 7 años, en promedio y suele presentarse uno cada 2 o 3 años. Dura entre 12 y 18 meses y es acompañado por cambios en el Índice de Oscilación del Sur. El Niño es el responsable del incremento de la contracorriente ecuatorial con la cual se intensifica la lengua de agua cálida que viaja hacia el norte a lo largo de las costas de América (Obeso – Nieblas, 2002). Asimismo influye en la salinidad de las aguas cambiando las condiciones ambientales del Pacífico Oriental Tropical. El incremento en el transporte de agua cálida pobre en nutrientes proveniente del Pacífico Central hunde la capa de mezcla y coincide con periodos de baja producción primaria y secundaria en la Corriente de California debido a que los procesos de surgencia se interrumpen (De la Lanza, 1991).

El fenómeno del Niño no sólo afecta el clima de una región, sino que además produce una alteración en el ecosistema marino, con efectos en los recursos, reflejados en sus procesos fisiológicos con los consiguientes cambios de biomasa y densidad poblacional (Coayla, 1999). Estos cambios afectan los volúmenes de producción primaria así como las poblaciones de peces (Trigueros, 2002). Estas comunidades son afectadas por el cambio climático y la falta de alimento, provocando la disminución de las poblaciones debido a bajos reclutamientos (Lenarz *et al.*1995). Los eventos El Niño se han asociado con marcadas alteraciones en los patrones de reproducción, distribución, abundancia y disminución de diversos organismos, no obstante cada evento presenta particularidades que modifican su impacto sobre cada ecosistema (López, 2002).

El Niño 1997 – 1998 fue uno de los más fuertes registrados en el siglo XX (Mc Phaden, 1999; Di Giacomo y Carr, 2000). La figura 91 muestra los promedios

mensuales y las anomalías de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) en el Pacífico ecuatorial (Indonesia está hacia la izquierda y América del Sur hacia la derecha). El Niño se presentó moderado en 1986 – 1987; débil en 1991 y muy intenso en 1997 - 1998. Los eventos La Niña se presentaron intensos en 1988 y en 1998 – 1999 (NOAA, 2004).

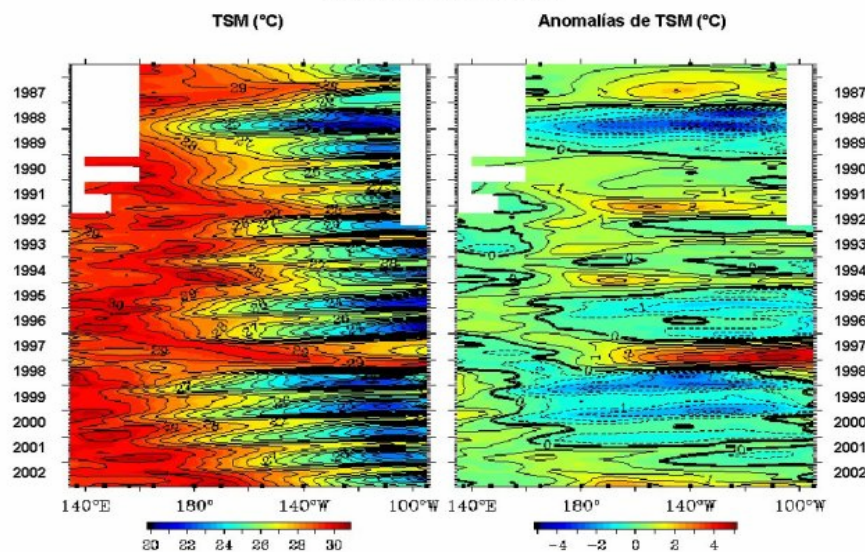


Figura 91 – Promedio mensual y anomalías de TSM en el Pacífico Ecuatorial de 1986 al 2002

En la Corriente de California, El Niño se hizo presente desde julio de 1997 por una expansión de la contracorriente costera, la cual transportó agua inusualmente cálida y salina hacia el norte a profundidades de hasta 100 m. Posteriormente, en el otoño, la profundidad de la termoclina cayó (Lynn et al., 1998). Las pesquerías californianas de calamar (*Loligo opalescens*) y erizo (*Strongylocentrotus franciscanus*) fueron severamente afectadas por el ENSO 97-98, mientras que las de pesca deportiva registraron incrementos del jurel (*Seriola lalandi*), barracuda (*Sphyraena argentea*) y albacora (*Thunnus albacares*), entre otros (Calif. Dept. Fish & Game, 1998). El ENSO 97-98 fue intenso pero corto. Las anomalías positivas del nivel del mar persistieron de Mayo de 1997 a Septiembre de 1998 y después cambiaron en forma negativa de Octubre de 1998 a Febrero de

1999. Ocurrieron cambios similares en la temperatura superficial lo que condujo a condiciones conocidas como La Niña en 1999 (Hayward, et al. 1999).

LA NIÑA

La Niña es un período con temperatura superficial del mar anómalamente fría en el Océano Pacífico Ecuatorial, en sus porciones occidental y central, asociado a una inusual baja presión atmosférica hacia el oeste de la línea internacional del tiempo y una presión atmosférica alta al este de la misma (Fig. 92). Esto provoca que los vientos alisios sean más fuertes de lo normal (CICESE, 1999). En tal caso, la surgencia de agua profunda aumenta y la temperatura del agua disminuye en el Pacífico Oriental; mientras que la cabeza hidráulica y la temperatura del agua aumentan en las costas asiáticas (Capurro, 2002).

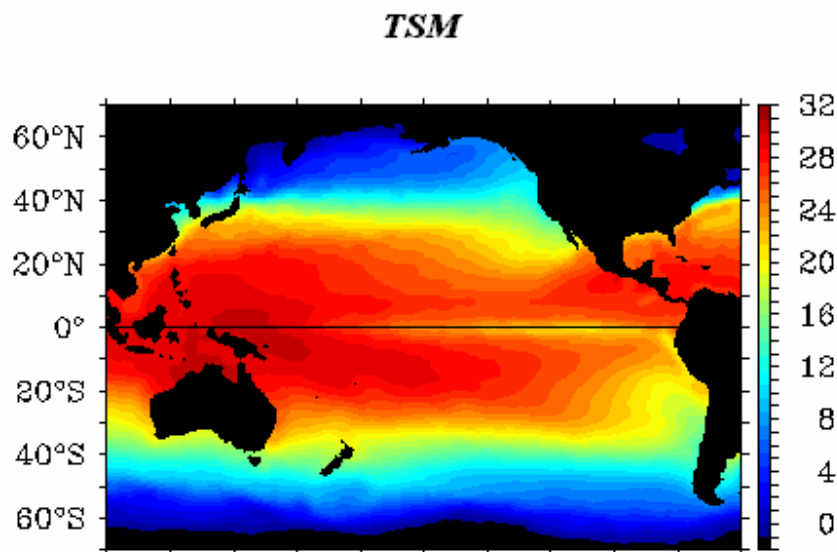


Figura 92– Condiciones La Niña es el Océano Pacífico en Diciembre de 1998.

A finales de 1998 las anomalías de viento en el Ecuador divergieron del Pacífico Central Tropical, fenómeno opuesto a lo que ocurrió durante El Niño. Estas divergencias pudieron ser las responsables de las anomalías frías de la TSM en el Ecuador. Una termoclina inusualmente poco profunda a través del

Ecuador produjo anomalías negativas en los valores de temperatura a profundidades de 50 m. Las anomalías positivas del nivel del mar sufrieron un cambio inverso; lo mismo sucedió con la TSM. El flujo en la porción sur de la Corriente de California fue intenso y la salinidad disminuyó en el núcleo de la corriente. Tanto la biomasa fitoplanctónica como la clorofila se incrementaron, asociándose a la transición de las condiciones frías. En Abril de 1999 se registró la concentración más alta de clorofila al sur de California desde 1984 (Hayward et al., 1999).

Oscilación Decadal del Pacífico

Steven Hare creó el término Oscilación Decadal del Pacífico (Pacific Decadal Oscillation; PDO) en 1996 para describir una oscilación de la TSM en el Pacífico Norte. Esta oscilación comprende dos fases: la positiva y la negativa. La positiva se caracteriza por un núcleo de TSM frío al este de Asia y un núcleo caliente cerca del Ecuador en el Océano Pacífico. La Corriente de Alaska se intensifica mientras que el flujo de la Corriente de California disminuye lo que ocasiona anomalías positivas de la TSM en la Costa Oriental del Pacífico. La fase negativa se caracteriza por un núcleo de TSM caliente al este de Asia y un núcleo frío cerca del Pacífico Ecuatorial. El flujo de la Corriente de Alaska disminuye mientras que el flujo de la Corriente de California se intensifica provocando TSM bajas en la Costa Oriental del Pacífico (Fig. 93).

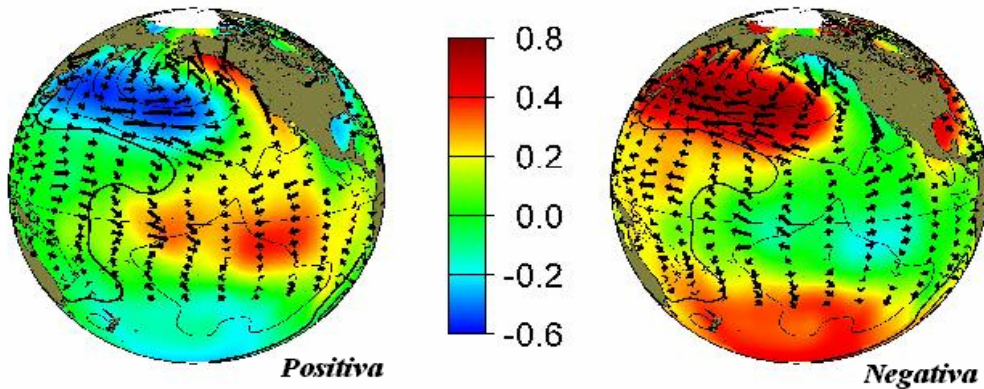


Figura 93 – Fase Positiva y fase negativa de la Oscilación Decadal del Pacífico

La PDO ha sido descrita como un patrón a gran escala de eventos El Niño/ La Niña debido a que estas dos oscilaciones climáticas tienen relaciones similares con las anomalías de TSM. Sin embargo la PDO opera en una escala temporal de 20 a 30 años mientras que los eventos El Niño / La Niña operan típicamente en el orden de 6 a 18 meses. Ambos fenómenos se correlacionan con periodos húmedos o secos en la porción occidental de Norteamérica. La PDO no es un fenómeno El Niño / La Niña que ocurre cada 20 años. Básicamente es un patrón regular de sistemas de alta y baja presión sobre la porción norte del Océano Pacífico, relacionado con la TSM de esta región. Otra diferencia entre el Niño y la PDO es que la señal más fuerte para detectar el evento se ubica al norte del Océano Pacífico mientras que las señales más fuertes para detectar EL Niño/ La Niña se ubican en las regiones ecuatoriales del Pacífico.

Los eventos típicos de la Oscilación han sido más persistentes que los eventos relacionados al ENSO. En el siglo XX los regímenes de la PDO han persistido de 20 a 30 años. Es el cambio repentino de una polaridad a la otra el que se conoce como cambio de régimen. Existe variabilidad interanual e interdecadal en la PDO pero es el aspecto interdecadal el que parece tener más influencia sobre los ecosistemas del Pacífico. Parece que la PDO está compuesta

por dos oscilaciones interdecadales, una de 20 años y otra con un periodo de 50 a 70 años (Hare y Mantua, 1999).

En el Otoño de 1998 el índice de la PDO sufrió un cambio repentino. Las anomalías se tornaron negativas y al comienzo de 2001 volvieron a cero. Esto, presumiblemente, indicó un cambio de régimen en el Océano Pacífico, situando la transición de la fase positiva a la fase negativa en 1999) (Hare y Mantua, 2000). (Fig. 94).

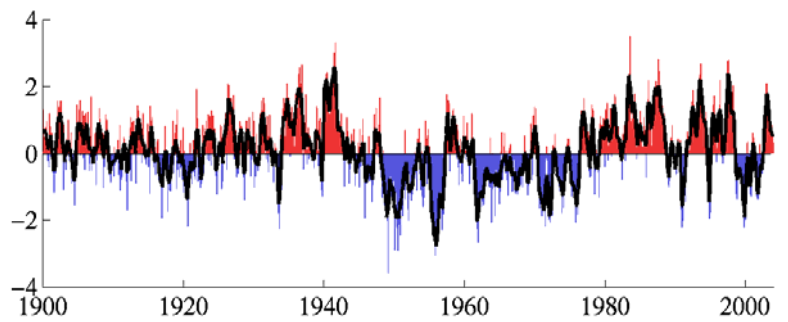


Figura 94 – Valores mensuales del índice de la PDO. 1900 – 2003.



Literatura citada

- Alonso C. C. 1999. Capturas comerciales de Elasmobranquios en Baja California Sur, México (1990-1996). Tesis de Licenciatura. UABCS. México 56 pp.
- Applegate, S.P Espinoza Arrubarrena, L.B. Menchaca, L.F. Sotelo Macías. Tiburones mexicanos. SEP. Subsecretaría de educación e investigación tecnológica. Dirección general de ciencia y tecnología del mar. México. 146 p.
- Aurioles- Gamboa, D. y E. Balart. 1995. La Langostilla: Biología, Ecología y Aprovechamiento. CIBNOR. México. 233 p.
- Barber, R.T. y R.L. Smith. 1981. Coastal upwelling ecosystems. *in* Analysis of marine ecosystems. A.R. Longhurst. Ed. New York: Academic Press. pp 31-68.
- Bernal, D; Sepulveda, C; Graham, JB. 2001. Water-tunnel studies of heat balance in swimming mako sharks. *Journal of Experimental Biology* . Vol. 204, no. 23, pp. 4043-4054.
- Bonfil, R. 1994. Overview of World Elasmobranch Fisheries. FAO. Technical paper 341. Rome. 119 p.
- Bigelow, KA; Boggs, CH; He, Xi. 1999. Environmental effects on swordfish and blue shark catch rates in the, US North Pacific longline fishery. *Fish. Oceanogr.* Vol. 8, no. 3, pp. 178-198.
- Brenes, C.L.; Hernández, A.; Campos, J. 2000. Distribución espacial de capturas de tiburón en el Pacífico Nicaragüense y su relación con algunas variables oceanográficas. *Rev. Biol. Trop.* 48 (2/3): 399 – 411.
- Buencuerpo, V.; Ríos, S.; Morón, J. 1998. Pelagic shark associated with the swordfish, *Xiphias gladius*, fishery in the eastern North Atlantic Ocean and the Strait of Gibraltar. *Fish. Bull.* 96: 667-685.
- Cabrera, A. 2003. Hábitos alimenticios del tiburón piloto, *Carcharhinus falciformis*, en la costa occidental de Baja California Sur. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. IPN. 94 p.



California Department of Fish and Game. 1998. Review of some California fisheries for 1997. Calif. Coop. Ocean. Fish. Inves. Rep. 39:9-24.

Campana, S.E. y Joyce, W.N. 2004. Temperature and depth associations of porbeagle shark (*Lamna nasus*) in the northwest Atlantic. Fish. Oceanogr. 13:1, 52 – 64.

Capurro, L. 2002. El fenómeno El Niño – Oscilación del Sur (ENSO). <http://www.mda.cinvestav.mx/Recursos/Temas/enso/teori.htm>.

Carey, F.G y Scharold, J.V. 1990. Movements of blue sharks (*Prionace glauca*) in depth and course. Mar. Biol. 106, 329-342.

Carrera-Fernández, M; Galvan-Magaña, F; Ceballos-Vazquez, B.P. 2003. Reproductive biology of blue shark *Prionace glauca* in the western coast of Baja California Sur, México. Memories of Joint Meeting of Ichthyologist and Herpetologist. June 26- July 1, 2003. Manaus, Amazonas, Brasil.

Casey, J.G y Kohler, N.E. 1992. Tagging Studies on the Shortfin Mako Shark (*Isurus oxyrinchus*) in the Western North Atlantic. Aust. J. Mar. Freshwater Res. 43: 45-60.

Castillo, G.J.L. 1992. Diagnóstico de la pesquería de tiburón en México. Secretaría de Pesca, México. 72 p.

Castro-Aguirre, J.L 1983. Aspectos zoogeográficos de los elasmobranquios mexicanos. Anales de la Esc. Nal. de Ciencias Biológicas. IPN. México, pp 77-94.

Choy, B.K.; Adams, D.H. 1995. An observation of a basking shark, *Cetorhinus maximus*, feeding along a thermal front off the east central coast of Florida. FLA.-SCI. 1995 vol. 58, no. 4, pp. 313-326.

Chuvieco, E. Fundamentos de Teledetección Espacial. 1990. Ediciones RIALP. Madrid. 453 p.

CICESE. 1999. Glosario. <http://www.elnino.cicese.mx/glosario.htm>.

Cleave, A. 1994. Sharks. A portrait of the animal world. Magna Books. New York. 79 p.



Compagno, L. J. V. 1984. FAO species catalogue. Rome. Vol. 4, part . 625 p.

Compagno, L. J. V. 1988. *Sharks of the order Carcharhiniformes*. Princeton University Press. New Jersey . 578 p.

Cortés. E. 1999. Standardized diet compositions and trophic levels of sharks. – ICES Journal of Marine Science, 56: 707-717.

Coayla, P. 1999. El macrozoobentos de fondo blanco frente a la Bahía de Catarindo durante el fenómeno de “El Niño” 1997-98”. Rev. Perú. Biol. Vol. Extraordinario. 39 –46.

Crow, G.; Lowe, C. y Wetherbee, B. 1996. Shark Records from Longline Fishing Program in Hawaii with comments on the Pacific Ocean Distribution. Pac. Sci. 50: 382 – 392.

De La Lanza, G. E. 1991. Oceanografía de mares mexicanos. AGT editor. México. 525 p.

DiGiacomo, P.M. y Carr, M.E. 2000. Interannual variability of chlorophyll in the California Current System: Effects of the 1997-1998 El Niño. *in* Beyond El Niño: A conference on Pacific Climate Variability and Marine Ecosystem Impacts, from the Tropics to the Arctic. Abstract Book. La Jolla, California. 98 p.

DOF. 2002. Cancelación de la Norma Oficial Mexicana NOM-029-PESC-2000. Diario Oficial de la Federación. 11 de Octubre del 2002. 41.

Economakis,-A.E.; Lobel,-P.S. 1998. Aggregation behavior of the grey reef shark, *Carcharhinus amblyrhynchos*, at Johnston Atoll, Central Pacific Ocean. *Environ-Biol-Fish* 1998 vol. 51, no. 2, pp. 129-139

Ehrhardt, N.M. 1981. Métodos de análisis de las estadísticas de captura y esfuerzo de pesca y su aplicación en modelos globales de pesquerías. Curso de evaluación de recursos y dinámica de poblaciones. La Paz. B.C.S. CICIMAR y FAO. Manual. 35 p.

FAO. 2001 http://www.fao.org/WAICENT/OIS/PRESS_NE/PRESSPA/1998/PRPS9681.html

García C. J, R. Durazo y G. Gaxiola. 2002. Circulación de la Corriente de California frente a Baja California: 2000 – 2001. Memorias de la Unión Geofísica Mexicana. Oceanografía. 251 –252.

García, G. G. 2000. Análisis del papel de los tiburones en el ecosistema y su respuesta ante la explotación. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. IPN. 109 p.



Granados-Barba, A., V. Solis Weiss y R.G. Bernal Ramírez. 2000. Métodos de muestreo en la investigación oceanográfica. Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. México. 448 p.

Gulland, J.A. 1983. Fish stock assessment: a manual of basic methods. John Wiley & Sons. EUA. 223 pp.

Harvey, J.T. 1989. Food habits, seasonal abundance, size and sex of the blue shark, *Prionace glauca*, in Monterey Bay, California. Calif. Fish and Game. 75(1): 33-44.

Hare, S.R., 1996: Low frequency climate variability and salmon production. Ph.D. dissertation, School of Fisheries, University of Washington, Seattle.

Hare, S.R, N.J. Mantua, and R.C. Francis, 1999: Inverse Production Regimes: Alaska and West Coast pacific salmon. *Fisheries*, 24, 6-14.

Hare, S. R. and N. J. Mantua. 2000. Empirical evidence for North Pacific regime shifts in 1977 and 1989. *Prog. Oceanogr.* 47(2-4): 103-146.

Hayward, L. T., T. R. Baumgartner, D. M. Checkley, R. Durazo, G. Gaxiola Castro, K. D. Hyrenbach, A. W. Mantyla, M. M. Mullin, T. Murphree, F. B. Schwing, P. E. Smith and M. J. Tegner, 1999. The state of the California Current in 1998-1999: Transition to cool-water conditions. *Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep.* 40, 29-62.

Hazin, F.H.V.; Boeckman, C.E.; Leal, E.C.; Lessa, R.P.T.; Kihara, K.; Otsuka, K. 1994. FISH.BULL. 1994 vol. 92, no. 2, pp. 474-480.

Hilborn, R. y Walters, C.J. 1992. Quantitative Fisheries Stock Assessment: Choice, Dynamics and Uncertainty. Chapman & Hall. New York.

Holts,-D.B.; Bedford,-D.W. AUST Horizontal and vertical movements of the shortfin mako shark, *Isurus oxyrinchus*, in the Southern California Bight. 1993.-J.-MAR.-FRESHWAT.-RES. vol. 44, no. 6, pp. 901-909.

Holts,-D.B; Julian, A.; Sosa-Nishizaky, O. y Bartoo, N.W. 1998. Pelagic shark fisheries in the North Pacific Ocean. *Fish Res.* 44: 501 – 509.



Kitchell, J. F., C. Boggs, X. He y C.J Walters. 1999. Keystone predators in the Central Pacific. 665-704. *in* Proceedings of the Wakefield Symposium on Ecosystem Considerations in Fisheries Mnagement. University of Alaska Sea Grant, Anchorage, Alaska, USA.

Klimley, A.P 1993. Highly directional swimming by scalloped hammerhead sharks, *Sphyrna lewini*, and subsurface irradiance, temperature, bathymetry and geomagnetic field. *Marine Biology*, 117 (1), pp 1-22.

Klimley, A.P y S.B Butler. 1988. Immigration and emigration of a pelagic fish assemblage to seamounts in the Gulf of California related to water mass movements using satellite imagery. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 49: 11-20.

Kotas, J.E, Santos S., Guedes de Azevedo, V., Meneses de Lima, J.H, Dias, N.J., Fernandes L.C. 2000. Observations on shark by-catch in the monofilament longline fishery off southern Brazil and the National Ban on finning. Shark on line convention 2000 Documents. Honolulu, Hawaii February 21-24

Lavaniegos-Espejo, B. Gaxiola, B. Jiménez, G. González, L., Baumgartner, M., Durazo, T., García, R. y Lara J. 2000. Efectos del evento climático El Niño 1997/98 sobre el ecosistema pelágico de la Corriente de California. Simposio CONACYT. Los efectos del fenómeno El Niño en México. México, D.F 17-19 de mayo del 2000.

Lenarz, H., Ventresca, A., Graham, M., Schwing, B., y Chavez, F. 1995. Explorations of El Niño events and associated biological population dynamics off Central California. *CalCOFI Rep.* 36: 106-119.

Leonard, C.L.; Bidigare, R.; Seki, M. y Polovina, J. 2000. El Niño – La Niña comparision of chlorophyll and primary production in the subtropical North Pacific Ocean. *in* Beyond El Niño: A conference on Pacific Climate Variability and Marine Ecosystem Impacts, from the Tropics to the Artic. Abstract Book. La Jolla, California. 98 p.

Lluch-Cota, S.E., C.A. Pacheco-Ayub, J.J. Bautista-Romero, S. Hernández-Vázquez y D.B. Lluch-Cota. 2000. Colección de información ambiental para el Pacífico mexicano

Longhurst. A.R. 1967. Diversity and Trophic structure of Zooplankton communities in the California Current. *Deep-Sea Res.* (14): 393-408.

López- García, M.J. 1991. La Temperatura del Mar Balear a partir de Imágenes de Satélite. Tesis doctoral. Universitat de Valencia. 158 p.



López, I. G. A. 2002. Estructura de la taxocenosis de copépodos en Bahía Magdalena B.C.S, México durante El Niño 1997/98. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. IPN. 62 p.

Lynn R.J., Baumgartner T., García J., Collins C.A., Hayward T.L., Hyrenbach K.D., Mantyla A.W., Murphree T., Shankle A., Schwing F.B., Sakuma K.M. y Tegner M.J. 1998. The State of the California Current, 1997-1998: transition to El Niño conditions. Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep. 39:25-49.

Macías, D. y Serna, J.M. 2002. By catch composition in the Spanish Mediterranean longline fishery. 4th Meeting of the European Elasmobranch Association. Proceedings. 198 p.

Mendizábal, O.D.; Vélez, R. y Valdez F. 1990. relación de la captura con la temperatura y profundidad de la termoclina durante la pesca comercial de picudos, tiburones y dorados en la zona oceánica del Pacífico Central Mexicano. *In*: Dailey, M. Y H. Bertsh (eds) Mem. VIII Simp. Biol. Mar. 127 – 144.

Montreal, A. y Tovar J. 2002. Influencia de la temperatura del mar en la captura del tiburón puntas negras, *Carcharhinus limbatus*, en Veracruz y Tamaulipas, INP. Poster. II Semana del tiburón UNAM, Conjunto Amoxcalli-Facultad de Ciencias. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM.

Nelson, R.D. 1990. Telemetry Studies of Sharks: A review with Applications in Resource Management. *in* Pratt ,H. Gruber, S. Taniuchi, T. 1990. Elasmobranchs as Living Resources: Advances in the Biology, Ecology, Systematics, and the Status of the Fisheries. NOAA Tech. Rep. 239 – 256.

NOAA. 2003. http://www.sefscpanamalab.noaa.gov/shark/shark_final_1.htm

NOAA. 2004. <http://www.pmel.noaa.gov/tao/elnino/el-nino-story.html>

Norton, J., McLain, D., Brainard, R y Husby, D. 1985. The 1982-1983 El Niño event off Baja and Alta California and its ocean climate contex. En: "El Niño North. El Niño effects in the eastern subartic Pacific Ocean" eds. W.S Wooster and D. L Fluharty. Washington Sea Grant Program, University of Washington. 44-71.



Obeso – Nieblas, M. 2002. Caracterización de las condiciones hidrográficas en la Bahía de La Paz durante el ENSO 1997-1998. Examen predoctoral. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. IPN. 94 p.

Ortega – García, S.; Lluch –Belda, D.; Zárate-Villafranco, A. Rodríguez, S.R.; Beltrán, R. y Hernández Vázquez, S. 2000. The ENSO 1997-1998 effect on the mexican tuna fishery. *in* Beyond El Niño: A conference on Pacific Climate Variability and Marine Ecosystem Impacts, from the Tropics to the Artic. Abstract Book. La Jolla, California. 98 p.

Power, H.J y Nelson L.M. 1991. Satellite observed Sea surface Temperatures and Yellowfin Tuna Catch and Effort in the Gulf of Mexico. *Fish. Bull.* 89: 429 – 439.

Ramírez, G. J. 2002. Captura comercial de tiburones pelágicos en la costa occidental de Baja California Sur, México. Tesis de licenciatura. UABCS. México. 56 p.

Reynolds SST data provided by the NOAA-CIRES Climate Diagnostics Center, Boulder, Colorado, USA, en: <http://www.cdc.noaa.gov/>

Roden, G. 1971. Aspect of the transition zone in the Northeastern Pacific. *Journal of Geophysical Research.* 5: 3462 – 3475.

SAGARPA. 2001. <http://www.sagarpa.gob.mx>

Sánchez, G., Calienes, R. y Zuta S. 2000. The 1997-98 El Niño and its effects on the coastal marine ecosystem of Peru. *CALCOFI Rep.* Vol. 41: 62-86.

Sciarrotta, T.C y Nelson, D.R. 1977. Diel behavior of the blue shark, *Prionace glauca*, near Santa Catalina Island, California. *Fish. Bull. U.S* 77: 519 – 528.

Simpson, J.J. 1987. Transport processes affecting the survival of pelagic fishstocks in the California Current. *Am. Fish. Soc. Symp.* 2: 39 –60.

Soria, Q.A.G. 1996. Análisis descriptivo de la distribución espacial y temporal de algunos tiburones en aguas del Pacífico Mexicano y su relación con la temperatura del mar. Tesis de licenciatura. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Campus Iztacala. UNAM. 79pp.

Sosa – Nishizaky, O. Fulong-Estrada, E.; Reyes-González, J.A.; Pérez-Jiménez 2002. Blue shark (*Prionace glauca*) fishery in Baja California, Mexico: an example of artisanal and



middle scale fisheries interaction (Elasmobranch Symposium – Oral) Sci. Coun. Res. Doc. NAFO. no 02/140, 6 pp.

Sparre, P. y Venema, S.C. 1991. Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1. Manual. FAO Fish. Tech. Pap. No. 306.2, Rev. 2. Rome, FAO. 94 p.

Stasburg, D.W. 1958. Distribution, abundance and habits of pelagic sharks in the Central Pacific Ocean. Fish. Bull. 58 (138): 335 – 360.

Stevens, J. y Last, P. 1990. Tiburones, rayas y quimeras. *in* Introducción al mundo de los peces. National Geographic, El maravilloso mundo de los animales. Vol. 4 RBA publicaciones. España. 240 p.

Stick, K.G; Fleming, A.; Millikan, L.; Hreha y Hanson, D. 1990. Interjurisdictional fishery management plan for Thresher shark off the coasts of California, Oregon and Washington. Pacific States Marine Fisheries Commission . EUA. 28 p.

Sverdrup, H.P. y R.H, Fleming. 1942. The Oceans, their physics, chemistry and general biology. (Eds.) Prentice Hall, Inc. New York. 1087 pp.

Trigueros, S.J.A. 2002. Escalas de variabilidad interanual en el Pacífico Norte. Examen predoctoral. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. IPN. 55 p.

Torres-Orozco, A. Trasviña, A, Mulhia-Melo, García, S., 2002. Variation of yellowfin Tuna (*Thunnus albacares*) abundance related to El Niño at the entrance to the Gulf of California. Artículos publicados del CICESE en <http://oceanografia.cicese.mx/betadof/index.html>. 20 p.

Tovar, A. J. 2000. Edad y crecimiento del tiburón puntas negras *Carcharhinus limbatus* (Valenciennes, 1839) en el Golfo de México. Tesis de Maestría. UNAM. México 67 pp

Villavicencio- Garaizar , C.J. 1996. Pesquería de tiburón y cazón. 305- 316 pp. En: Casas-Valdez, M y G. Ponce – Díaz (Eds.) , Estudio del potencial pesquero y acuícula de Baja California Sur. SEMARNAP, Gob. del Estado de Baja California Sur, FAO, UABCS, CIBNOR, CICIMAR, Instituto Nacional de la Pesca y CETMAR. 350 p.

Walker T. I. 1998. Can shark resources be harvested sustainably? A question revised with a review of shark fisheries. Marine and Freshwater Resources Institute. 49. 553-72.



Wyrski, K. 1966. Oceanography of the eastern equatorial pacific ocean. *Oceanography and Marine Biology Annual Review*. 4: 33-68 p.

Wyrski, K. 1967. Circulation and water masses in the Eastern Equatorial Pacific Ocean. *J. Oceanol. and Limnol.* 2 (1): 117-147.

Wolter K. y S. Timlin S. 1998. Measuring the strength of the ENSO events: How does 1997/98 rank? *Weather* 53:315-324.

Wourms J.P and Demsky L. 1990. The reproduction and development of sharks, skates, rays and ratfishes. Introduction, history, overview and future prospects. Symposium on the reproduction and development of cartilaginous fishes. American Elasmobranch Society, South Carolina, 21 p.

Zaytsev, O., Salinas- González, F., Cervantes-Duarte, R y Turrent Thompson, C. 2001. Coastal dynamics influence on nutrient transport at the area of Magdalena-Almejas Lagoon System, Baja California Sur Mexico. 10th Anniversary Meeting of the PICES (North Pacific Marine Sciences Organization), Victoria, BC, Canada. P. 60.